

平成 26 年度
環境放射能分析研修事業報告書

平成 27 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 26 年度「原子力防災専門人材育成事業（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 26 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	8
2.2.3	ガンマ線スペクトロメトリー概論	14
2.2.4	放射化学概論	16
2.2.5	放射線の人体影響概論	17
2.2.6	環境試料の採取及び前処理法	19
2.2.7	放射性ストロンチウム分析法	22
2.2.8	アルファ放射体分析及び迅速分析法	26
2.2.9	トリチウム分析法	30
2.2.10	ゲルマニウム半導体検出器による測定法	32
2.2.11	ゲルマニウム半導体検出器による測定法 (緊急時)	37
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	39
2.2.13	緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法	42
2.2.14	環境ガンマ線量率測定法	44
2.2.15	環境ガンマ線量率測定法 (上級編)	46
2.2.16	積算線量測定法	48
2.2.17	環境放射線モニタリングにおける線量評価法	50
2.2.18	放射能調査概論	53
2.3	総括	57
第3章	教材の作成	59
3.1	環境放射能分析研修講座テキストの作成	59
3.2	コンピュータ支援教育(CAI)システムの整備	60
3.2.1	CAI ソフトウェアの概要	60

3.2.2	CAI ソフトウェアの制作	60
第4章	技能試験	72
4.1	技能試験の概要	72
4.2	技能試験実施結果	72

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26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（18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。

平成26年度は、環境放射線モニタリングにおいてニーズの高まった可搬型ゲルマニウム半導体検出器による in-situ 測定に係る講座を増設し、空間線量測定の2種2講座については、研修内容を整理し、初級者向けと上級者向けに再編した。また、「放射能調査概論」（上級管理職者向け研修）を実施した。

「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」については、講座修了者に技能試験を実施し、到達度を確認するとともに、必要に応じて技術的な支援を行った。

(2) 教材の作成・改訂

新規に開設した講座の講義・実習用教材（テキスト）を作成した。また、その他の各講座で用いるテキストは、適宜改訂した。

(3) コンピュータ支援教育(CAI)システムの整備

CAI教材（ソフトウェア）として「核種分析と放射能測定」を制作した。

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26年度は、入門分野では1種2講座を、基礎分野では4種8講座を、専門分野では13種16講座を開講した（合計18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26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。

平成26年度に新たに設置した講座は、専門分野の「環境ガンマ線量率測定法」「環境ガンマ線量率測定法（上級編）」「可搬型ゲルマニウム半導体検出器によるin-situ測定法」、また上級管理職者向けの研修として「放射能調査概論」である。各講座とも1回ずつ開講した。

受講者数は、49分析機関及び2県庁（44都道府県）からの202名であった。

平成 26 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）	4	8/26～8/29	10	5
		環境放射能分析・測定の入門（第 2 回）	4	10/28～10/31	10	12
基礎	2	環境放射能分析・測定の基礎（第 1 回）	8	8/19～8/28	10	7
		環境放射能分析・測定の基礎（第 2 回）	8	9/24～10/3	10	7
		環境放射能分析・測定の基礎（第 3 回）	8	12/2～12/11	10	8
	3	ガンマ線スペクトロメトリー概論（第 1 回）	3	9/17～9/19	10	1
		ガンマ線スペクトロメトリー概論（第 2 回）	3	12/17～12/19	10	3
	4	放射化学概論（第 1 回）	1	9/1	10	4
	5	放射線の人体影響概論（第 1 回）	1	10/27	10	10
		放射線の人体影響概論（第 2 回）	1	2/23	10	11
専門	6	環境試料の採取及び前処理法	4	3/3～3/6	8	11
	7	放射性ストロンチウム分析法	9	9/29～10/9	6	13
	8	アルファ放射体分析及び迅速分析法	7	9/3～9/11	5	5
	9	トリチウム分析法	4	11/4～11/7	8	9
	10	ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第 1 回）	7	9/2～9/10	10	6
		ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第 2 回）	7	10/14～10/22	10	7
		ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第 3 回）	7	11/11～11/19	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	11/25～11/28	8	7
	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	2/17～2/20	8	6
	13	緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法（第 1 回）	2	9/11～9/12	10	3
		緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法（第 2 回）	2	10/23～10/24	10	4
	14	環境ガンマ線量率測定法	4	1/20～1/23	10	9
	15	環境ガンマ線量率測定法（上級編）	4	1/27～1/30	8	1
	16	積算線量測定法	4	10/28～10/31	8	11
	17	環境放射線モニタリングにおける線量評価法	4	2/24～2/27	12	15
	18	放射能調査概論	1	2/5	30	17
	合計				261	202

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 [REDACTED]	10	三重県 [REDACTED]	1
北海道 [REDACTED]	2	滋賀県 [REDACTED]	2
青森県 [REDACTED]	18	京都府 [REDACTED]	1
岩手県	1	大阪府 [REDACTED]	1
岩手県 [REDACTED]	2	奈良県 [REDACTED]	2
宮城県 [REDACTED]	8	和歌山県 [REDACTED]	1
秋田県 [REDACTED]	2	鳥取県 [REDACTED]	5
山形県 [REDACTED]	1	島根県 [REDACTED]	5
山形県 [REDACTED]	2	岡山県 [REDACTED]	4
福島県 [REDACTED]	1	広島県 [REDACTED]	2
福島県 [REDACTED]	8	山口県 [REDACTED]	3
茨城県 [REDACTED]	11	徳島県 [REDACTED]	2
群馬県 [REDACTED]	2	香川県 [REDACTED]	1
埼玉県 [REDACTED]	3	愛媛県 [REDACTED]	7
埼玉県 [REDACTED]	1	高知県 [REDACTED]	4
東京都 [REDACTED]	4	福岡県	1
神奈川県 [REDACTED]	4	福岡県 [REDACTED]	6
新潟県 [REDACTED]	11	佐賀県 [REDACTED]	9
富山県 [REDACTED]	4	佐賀県 [REDACTED]	1
石川県 [REDACTED]	5	長崎県 [REDACTED]	4
福井県 [REDACTED]	10	熊本県 [REDACTED]	1
山梨県 [REDACTED]	1	大分県 [REDACTED]	3
長野県 [REDACTED]	2	宮崎県 [REDACTED]	2
岐阜県 [REDACTED]	2	鹿児島県 [REDACTED]	4
静岡県 [REDACTED]	10	沖縄県 [REDACTED]	2
愛知県 [REDACTED]	3		

岩手県・福岡県より各1名、受講を受入れた（放射能調査概論）

2.2 各研修講座の概要

平成26年度に開講した各研修講座の概要、カリキュラム、受講者、講師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

環境放射能水準調査を実施する上で必要な環境放射能分析・測定に関する基礎知識等について解説した。また、技術習得のために、環境試料の採取及び前処理法、β線測定法、γ線スペクトロメトリー及び環境γ線量測定法について実習を行った。

本講座は、2回（8月、10月）実施した。

(2) カリキュラム

（第1回実施期間：平成26年8月26日～8月29日）

	午 前		午 後		
第1日 8/26	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 [] 環境放射能水準 調査の概要、放 射能水準調査報 告様式の概要	講義・実習 []、[]、[] 環境γ線量測定法 (サーベイメータ測 定)	講義・実習 [] CAI 入門
第2日 8/27	講義 []、[] 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 8/28	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 8/29	講義 [] γ線スペクトロメトリー の基礎	実習 午後と同内 容	実習 []、[]、[]、[] γ線スペクトロメトリー		

（第2回実施期間：平成26年10月28日～10月31日）

	午 前		午 後		
第1日 10/28	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 [] 環境放射能水準 調査の概要、放 射能水準調査報 告様式の概要	講義・実習 []、[]、[] 環境γ線量測定法 (サーベイメータ測 定)	講義・実習 [] CAI 入門
第2日 10/29	講義 []、[] 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 10/30	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 10/31	講義[] γ線スペクトロメトリー の基礎	実習 午後と同内 容	実習[] γ線スペクトロメトリー

(3) 受講者

(第1回受講者数：5名)

[] (東京都 [])
 [] (石川県 [])
 [] (新潟県 [])
 [] (大分県 [])
 [] (大分県 [])

(第2回受講者数：12名)

[] (秋田県 [])
 [] (神奈川県 [])
 [] (長野県 [])
 [] (滋賀県 [])
 [] (鳥取県 [])
 [] (広島県 [])
 [] (山口県 [])
 [] (徳島県 [])
 [] (高知県 [])
 [] (佐賀県 [])
 [] (宮崎県 [])
 [] (沖縄県 [])

(4) 講師

[] (放射能分析事業部試料調製グループリーダー)
 [] (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)
 [] (放射能分析事業部γ線解析グループリーダー)
 [] (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
 [] (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
 [] (放射能分析業務部γ線解析グループ上級技術員)
 [] (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)

- (放射能分析事業部 γ 線解析グループ)
- (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ上級技術員)
- (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ上級技術員)
- (分析関連事業部技術参事)
- (分析関連事業部技術参事)
- (分析関連事業部精度管理グループリーダー)
- (分析関連事業部教育研修グループサブリーダー)

(所属は平成 26 年 10 月 31 日現在)

(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 5 名
(第 2 回)「適当」が 12 名
- ②時期：(第 1 回)「適当」が 1 名、「遅い」が 4 名
(第 2 回)「適当」が 2 名、「遅い」が 10 名
- ③期間：(第 1 回)「適当」が 4 名、「短い」が 1 名
(第 2 回)「適当」が 11 名 (不明 1 名)

b) 講義等

- ①専門分野ではないため、なかなか理解できない箇所もあり、テキスト等を基に復習していきたい。
- ②基礎的内容をここまで丁寧に解説する講義は初めてで、理解が深まった。
- ③緊急時における対応で、日ごろのデータの蓄積が大切なことがわかった。
- ④各水準調査ごとの管轄省庁や、公開データの利用法などを知った。
- ⑤環境放射能水準調査の発足した歴史、各自治体及び分析センターの役割について理解できた。
- ⑥サーベイメータの使用法と放射線の性質が共に理解できる内容だった。
- ⑦サーベイメータの時定数等の意味とともに測定 of 注意点等が理解できた。
- ⑧CAI は初任者育成に役立つと思われ、職場への導入を検討してほしい。
- ⑨CAI は、初心者にはまだ使いにくい部分がある。用語、略語集は良い。
- ⑩前処理する試料の大きさで容器への充填量がいかに違うか体験できた。
- ⑪土壌の採取の見学は参考になった。
- ⑫コンタミを防ぐための工夫を学ぶことができた。
- ⑬文章だけのマニュアルではわかりにくいことも、テキストがフローでまとめられていたので、わかりやすかった。
- ⑭機器の調整の重要性、日々の管理のためのポイントがよくわかった。正し

い測定値を得るための試料を作るコツを教えてもらい、実際に作業することでよく理解できた。

- ⑮意味も分からず使用していたソフトの機能が分かり、作業の意味や、機能の使い方が理解できた。
- ⑯測定機器を前にしての機器調整の講義は非常に有意義だった。
- ⑰実際に職場で使用している機器のソフトを用いて操作を行ったので詳細な操作まで知ることができた。
- ⑱解析についての疑問点が解決し、とても有意義な講義であった。

c) その他

- ①入門講座のため、開催時期を4月または5月頃に開いた方がよい。
- ②秤の自動ドアなど県センターには導入されていない機器類が分析センターに整備されており興味深かった。
- ③入門講座であるが、ある程度は実務経験があった方が分かりやすい。
- ④日常の業務内では学べない事が多く、大変参考になった。
- ⑤他の自治体の方と情報交換もでき、横のつながりを広げることができた。
- ⑥座学と実習で学ぶことで理解が深められた。
- ⑦全体的に細かく丁寧な説明があり、理解しやすかった。また、時間配分も十分であり疑問はその場で解決できた。
- ⑧基礎の9日間講座を分割して、入門と重複しない5日間講座を作してほしい。

2.2.2 環境放射能分析・測定的基础

(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・測定に関する基礎知識等について解説した。また、技術習得のために、環境試料の採取及び前処理法、 α 線スペクトロメトリー、放射化学分析法、 β 線測定法、液体シンチレーション測定法、 γ 線スペクトロメトリー及び環境 γ 線量測定法について講義と実習を行った。また、CAIを用いた環境放射能入門の解説や放射線計測シミュレーターを用いた γ 線スペクトロメトリーの実習も行った。

本講座は、3回（8月、9月、12月）実施した。

(2) カリキュラム

（第1回実施期間：平成26年8月19日～8月28日）

	午 前	午 後
第1日 8/19	講義・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2日 8/20	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[] 放射化学分析法概論	講義[] 被ばく検査、表面汚染検査方法
第3日 8/21	講義[] 環境放射線モニタリングについて	解説[] 環境放射能入門-CAI-	講義[] α 線スペクトロメトリー概論
			実習[] α 線スペクトロメトリー(校正曲線等)
第4日 8/22	実習[]、[] 低バックグラウンド β 線測定①(プラトー曲線の作成等)	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5日 8/25	講義・実習[]、[]、[] 環境 γ 線量測定法(サーベイメータ測定等)	講義・実習 午前と同内容	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6日 8/26	講義[] γ 線スペクトロメトリーの基礎(放射線測定)	講義[] γ 線スペクトロメトリーの基礎	
第7日 8/27	講義[]、[]、[] γ 線スペクトロメトリー①(機器調整)	実習 午後と同内容	実習[]、[]、[]、[] γ 線スペクトロメトリー②(エネルギー校正式とピーク効率曲線の作成、市販ソフトを用いた演習)
第8日 8/28	講義・演習[] モニタリングの質の保証	講義・演習[] 不確かさの求め方	

(第2回実施期間：平成26年9月24日～10月3日)

	午 前	午 後	
第1日 9/24	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[] 環境放射線モニタリングについて	解説[] 環境放射能入門-CAI-
			講義[] 被ばく検査、表面汚染検査方法
第2日 9/25	実習[]、[] 低バックグラウンド β 線測定①(プラトー曲線の作成等)	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3日 9/26	講義・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4日 9/29	講義[] γ 線スペクトロメトリーの基礎(放射線測定)	講義[] γ 線スペクトロメトリーの基礎	
第5日 9/30	講義[]、[] γ 線スペクトロメトリー①(機器調整)	講義[] α 線スペクトロメトリー概論	実習[]、[] α 線スペクトロメトリー(校正曲線等)
第6日 10/1	講義[] 放射化学分析法概論	実習[]、[]、[] γ 線スペクトロメトリー②(エネルギー校正式とピーク効率曲線の作成、市販ソフトを用いた演習)	

第7日 10/2	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)	講義・実習 [] 午前同内容	講義・実習[]、[]、[]、[] 環境γ線量測定法(サーベイメータ 測定等)
第8日 10/3	講義・演習[] モニタリングの質の保証	講義・演習[] 不確かさの求め方	

第3回実施期間：平成26年12月2日～12月11日)

	午 前		午 後	
第1日 12/2	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[] 環境放射線モニ タリングについ て	解説 [] 環境放射 能入門ー CAIー
第2日 12/3	講義・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 12/4	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基礎	
第4日 12/5	講義[]、[]、[] γ線スペクトロメトリー① (機器調整)	実習 午後と同内 容	実習[]、[]、[] γ線スペクトロメトリー②(エネルギー校正とピ ーク効率曲線の作成、市販ソフトを用いた演習)	
第5日 12/8	講義[] 放射化学分析法概論		講義[] α線スペクトロメトリ ー概論	実習[]、[] α線スペクトロメトリー (校正曲線等)
第6日 12/9	実習[]、[] 低バックグラウンドβ線測定① (プラトー曲線の作成等)		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7日 12/10	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)		講義・実習 []午前 と同内容	講義・実習[]、[]、[]、[] 環境γ線量測定法(サーベイメータ 測定等)
第8日 12/11	講義・演習[] モニタリングの質の保証	講義・演習[] 不確かさの求め方		

(3) 受講者

(第1回受講者数：7名)

- [] (青森県 [])
- [] (青森県 [])
- [] (山形県 [])
- [] (茨城県 [])
- [] (富山県 [])
- [] (福井県 [])
- [] (和歌山県 [])

(第2回受講者数：7名)

■■■■ (青森県■■■■)
■■■■ (福島県■■■■)
■■■■ (福井県■■■■)
■■■■ (岐阜県■■■■)
■■■■ (佐賀県■■■■)
■■■■ (長崎県■■■■)
■■■■ (熊本県■■■■)

(第3回受講者数：8名)

■■■■ (北海道■■■■)
■■■■ (北海道■■■■)
■■■■ (埼玉県■■■■)
■■■■ (福井県■■■■)
■■■■ (岐阜県■■■■)
■■■■ (岡山県■■■■)
■■■■ (山口県■■■■)
■■■■ (佐賀県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (元日本分析センター)
■■■■ (元日本分析センター)
■■■■ (技術参事)
■■■■ (技術参事)
■■■■ (技術参事)
■■■■ (放射能分析事業部試料調製グループリーダー)
■■■■ (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループリーダー)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部γ線解析グループ)

- (放射能分析事業部 α 線・β 線解析グループ上級技術員)
 - (放射能分析事業部 α 線・β 線解析グループ上級技術員)
 - (放射能分析事業部 α 線・β 線解析グループ技術員)
 - (分析関連事業部精度管理グループリーダー)
 - (分析関連事業部教育研修グループサブリーダー)
- (所属は平成 26 年 12 月 11 日現在)

(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 6 名、「少ない」が 1 名
(第 2 回)「適当」が 7 名
(第 3 回)「適当」が 8 名
- ②時期：(第 1 回)「適当」が 2 名、「遅い」が 5 名
(第 2 回)「適当」が 1 名、「遅い」が 6 名
(第 3 回)「適当」が 2 名、「遅い」が 6 名
- ③期間：(第 1 回)「適当」が 5 名、「長い」が 1 名、「短い」が 1 名
(第 2 回)「適当」が 6 名、「長い」が 1 名
(第 3 回)「適当」が 6 名、「長い」が 2 名

b) 講義等

- ①環境放射能調査の背景が分かり易くまとめられていた。
- ②指針等についてもどこが出し、どのサイトで見られるかがまとめられており非常に助かる。
- ③放射能測定法シリーズや原子力災害指針を一度読んでみようと思う。
- ④CAI は、初任者にとってわかりやすいものだと感じた。
- ⑤CAI の講義は予習復習のため、早い時期に行うべきである。
- ⑥CAI では模擬実験が PC 上でできるのが面白かった。また、講義中に分からない言葉をすぐに調べることができ便利だった。
- ⑦試料ごとの前処理法および処理時の留意点など理解した。
- ⑧身の回りにあるものを使用した汚染防止や迅速な前処理法について学ぶことができた。
- ⑨前処理で行う塩酸添加や灰化の温度管理について、必要性が理解できた。
- ⑩緊急時の試料採取方法を知りたかった。
- ⑪ゲルマニウム半導体検出器の機器調整について学ぶことが出来た。テキストが簡潔にまとめられており、理解しやすかった。
- ⑫実際のアンプとオシロスコープのデータを見ることで、パソコンの中で

- のように制御されているかを知ることができた。
- ⑬セイコーのソフトについて講義及び演習を通して理解できたが、別のソフトについての相違点が気になった。
 - ⑭演習を通して、 α 線スペクトルの読み方などを理解することができた。
 - ⑮電着法の原理や特徴等が理解できた。
 - ⑯低バックグラウンド β 線測定器の構造や原理を理解することができた。
 - ⑰装置を触る前、測定中、測定後のタイミングで解説や理論の学習があり、頭に入りやすかった。
 - ⑱実習で作製試料の β 線を測定したが、測定誤差が大きいことがわかった。
 - ⑲液体シンチレーションカウンタについて詳しく知ることができた。
 - ⑳サーベイメータを実際に操作することができた。測定者が遮蔽効果を持つことを実感し、測定時には注意したい。
 - ㉑モニタリングの質という観点で、業務を捉えていなかったもので、勉強になった。点検、校正、記録が重要であることがわかった。
 - ㉒不確かさの概念を学び、計算方法を学んだので、所属機関の分析業務で活用したい。
 - ㉓測定の手順だけでなく、使用する機器のメンテナンスが重要とわかった。
 - ㉔講義の中で、En数を求める計算演習があると良いと思う。

c) その他

- ①基礎講座のため、開催時期を4月または5月頃を開いた方が良い。
- ②研修を受講し、測定の原理や留意点など業務に役立つ知識や技術を吸収できた。と同時に、より早い段階でこのような知識を身につけ、測定に活かしたかったと感じた。
- ③福島原発事故を教訓に、住民に対して何をどのように伝えるかを考えるきっかけとなった。
- ④測定機器の原理について、学ぶことができた。
- ⑤講義内容が広汎にわたり内容把握が難しいときもあったが、全体を通してみると日頃の環境放射能調査のベースとなっているところを一通り網羅できた。
- ⑥テキスト類は今後も業務で役立つと思う。
- ⑦質問書に丁寧に回答していただき、勉強になった。業務で疑問が生じた場合にはセンター担当者に質問したい。
- ⑧数年前に受講した入門研修と一部まったく同じ内容であった。受講前に研修内容が提示されていると講座選定に役立つと思う。
- ⑨緊急時対応や訓練などについても、詳しく教えてほしい。

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を行うのに必要な基礎的事項について解説した。環境放射線、ガンマ線測定的基础、ガンマ線スペクトロメトリーについての講義の他、市販のガンマ線スペクトル解析ソフトを用いない（解析ソフトに依存しない）スペクトル解析実習を行った。この他、緊急時に対応可能な試料前処理についての実習を行った。

本講座は、2回（9月、12月）実施した。

(2) カリキュラム

第1回（実施期間：平成26年9月17日～9月19日）

	午 前		午 後	
第1日 9/17	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 9/18	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（測定終了）
第3日 9/19	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（続き）	講義 [] ガンマ線スペクトロメトリーの実際

第2回（実施期間：平成26年12月17日～12月19日）

	午 前		午 後	
第1日 12/17	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 12/18	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ー概論	実習 [] Ge測定実習（測定終了）	実習 [] Ge測定実習（測定終了）
第3日 12/19	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（続き）	講義 [] ガンマ線スペクトロメトリーの実際

(3) 受講者

（第1回受講者数：1名）

[]（茨城県 []）

(第2回受講者数：3名)

■■■■ (福島県■■■■)
■■■■ (茨城県■■■■)
■■■■ (大阪府■■■■)

(4) 講師

■■■■ (元日本分析センター)
■■■■ (技術参事)
■■■■ (放射能分析事業部試料調製グループリーダー)
■■■■ (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)
(所属は平成26年12月19日現在)

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

b) 講義等

- ①放射線の種類や原子核の壊変等について、理解することができた。
- ②原発事故時の緊急時対応についての話しを交えながら前処理方法を教えてもらい、参考になった。
- ③試料を測定器にセットする際に留意すべき点を理解できた。
- ④U8 容器の上に重りを載せて容器が動かないようにする等の工夫を監視センターでも取り入れたい。
- ⑤ガンマ線と物質の相互作用や測定装置の校正について理解できた。
- ⑥Ge 半導体検出器の内部を実際に見ることができ、装置の仕組みに対する理解を深めることができた。
- ⑦スペクトル解析や自己吸収補正の計算方法など、理解を深めた。
- ⑧実際に自分の手で計算したことで、今までブラックボックス化していた部分を理解することができた。
- ⑨ガンマ線スペクトロメトリーの不確かさは複雑であることや NaI 測定装置での測定では定量が困難であることを学んだ。

c)その他

- ①試料調製で扱った試料が基礎研修と同じ魚とキャベツだったので、できれば、他の試料(例えば、土壌等)の前処理を行ってみたいかった。

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。

本講座は、1回(9月)実施した。

(2)カリキュラム

(実施期間：平成26年9月1日)

	午 前	午 後	
第1日 9/1	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

(3)受講者

(受講者数：4名)

[] (茨城県 [])
[] (静岡県 [])
[] (岡山県 [])
[] (高知県 [])

(4)講師

[] (元放射線医学総合研究所)
(所属は平成26年9月1日現在)

(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1名、「少ない」が3名
②時期：「適当」が1名、「遅い」が3名
③期間：「適当」が1名、「短い」が3名

b)講義等

- ①原子の成立ち、壊変の様式や、半減期等、基本的なことを確認できた。
②NaI や Ge など検出・測定器の概要について、確認することができた。

- ③放射化学は環境放射能分析だけでなく、医療や地球科学、考古学等のよ
うな広い分野に利用されていることがわかった。
- ④環境放射能分析に関する内容について、特に放射性核種の分離・精製等に
ついて詳しく講義していただけると分析業務で役立つと思う。
- ⑤放射性核種の分離・精製では核種の性質をよく理解し、目的の核種の性
質にあった分離・精製法が必要であると理解できた。
- c)その他
- ①配付された書籍は参考になるので、テキストと併用して講義してもら
うと理解が深まる。

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

第1回（実施期間：平成26年10月27日）

	午 前		午 後		
第1日 10/27	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2回（実施期間：平成27年2月23日）

	午 前		午 後		
第1日 2/23	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

(3) 受講者

（第1回受講者数：10名）

- [] （青森県 []）
- [] （茨城県 []）
- [] （群馬県 []）
- [] （埼玉県 []）
- [] （福井県 []）
- [] （静岡県 []）

■■■■ (岡山県■■■■)
■■■■ (高知県■■■■)
■■■■ (福岡県■■■■)
■■■■ (沖縄県■■■■)

(第2回受講者数：11名)

■■■■ (北海道■■■■)
■■■■ (青森県■■■■)
■■■■ (山形県■■■■)
■■■■ (東京都■■■■)
■■■■ (神奈川県■■■■)
■■■■ (新潟県■■■■)
■■■■ (石川県■■■■)
■■■■ (島根県■■■■)
■■■■ (愛媛県■■■■)
■■■■ (佐賀県■■■■)
■■■■ (宮崎県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (元放射線医学総合研究所)
■■■■ (技術参事)

(所属は平成27年2月23日現在)

(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9名、「少ない」が1名
(第2回)「適当」が11名
- ②時期：(第1回)「適当」が6名、「遅い」が4名
(第2回)「適当」が7名、「遅い」が4名
- ③期間：(第1回)「適当」が5名、「短い」が5名、
(第2回)「適当」が8名、「短い」が3名

b) 講義等

- ①Gy と Sv の違いや、放射線の直接作用と間接作用など、基礎的な事項について確認することができた。
- ②一般的な参考書程度では得られない情報や知見が得られ、有益であった。

- ③確立的影響、確定的影響について分かりやすく深いところまで学べた。
- ④どのようにして放射線の影響が生物に現れるか、細胞レベルでの理解ができた。
- ⑤線量係数の考え方が理解できた。
- ⑥線量限度の根拠等を知ることができて良かった。
- ⑦放射線防護に係る線量の体系や線量限度について、その根拠・仕組みを理解することができた。
- ⑧ICRP は放射線防護の考え方において、経験 などにに基づき様々な基準を設定していることが理解できた。
- ⑨内部被ばく線量の算出には代謝だけでなく、臓器の位置関係等まで考慮されていたことが分かり、勉強になった。
- ⑩今回の講義は被ばく線量と生物影響の表面的な講義ではなく、バイスタンダー効果のメカニズム等の説明もあり、他の講習会に比べ一歩踏み込んだ内容で満足した。マウスを使用した動物実験（寿命試験）の結果も興味深い内容だった。

c) その他

- ①ほとんど予備知識のない状況での受講のため、専門的かつ進行が速く感じられた。可能であれば本内容を2日に分けてより丁寧に教えてほしい。
- ②線量評価と合わせて受講したかった。
- ③低線量被ばくに関して県民の関心は高く、回答に苦慮することも多く、参考になる情報が得られた。
- ④1日講座は終了時間が17:00を超えるので宿泊が認められない場合、帰宅が深夜になることもある。(参加しづらい)
- ⑤研修受講の受付がすぐに定員になり、キャンセル待ちとなる状態を改善してほしい。希望者が多い講座は複数回実施して、希望の講座が受講できるようにしてほしい。

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

(実施期間：平成27年3月3日～3月6日)

	午 前	午 後
第1日 3/3	講義 [] 環境試料の採取	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、蒸発濃縮)
第2日 3/4	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) 海産生物② (灰化)	実習 []、 []、 [] 海水A・B③ (硫化物生成、MnO ₂ 吸着)
第3日 3/5	実習 []、 []、 [] 海水A・B④ (マウント、混合、乾燥) 陸水② (蒸発濃縮、乾燥)	実習 []、 []、 [] 陸水③ (乾固 (測定試料調製)) 野菜① (洗浄、前処理) 土壌 (サンプリングデモ)
第4日 3/6	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。

実習には緊急時対応を含む。

(3)受講者

(受講者数：11名)

[] (青森県 [])
[] (宮城県 [])
[] (神奈川県 [])
[] (新潟県 [])
[] (長野県 [])
[] (静岡県 [])
[] (滋賀県 [])
[] (香川県 [])
[] (高知県 [])
[] (福岡県 [])
[] (長崎県 [])

(4)講師

[] (放射能分析事業部試料調製グループリーダー)
[] (放射能分析事業部試料調製グループサブリーダー)
[] (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)

■■■■■■■■■■ (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)

(所属は平成 27 年 3 月 6 日現在)

(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、「多い」が 1 名（不明が 1 名）
- ②時期：「適当」が 2 名、「遅い」が 9 名
- ③期間：「適当」が 7 名、「長い」が 2 名、「短い」が 2 名

b) 講義等

- ①サンプリングについては、その知識を整理することができた。
- ②前処理方法の概要を整理することができた。
- ③試料のどの部分を使うのか、逆にどこを捨てるのか、水洗いするのか、といったことを最初に決めておき、処理の目的が変わらない限り同じ処理の仕方をするのが重要であると理解できた。
- ④鯨の三枚おろしは説明が分かりやすかった。どのようにすると切りやすいか、なぜそうするのかととても参考になった。
- ⑤大根は柵切りにすると乾燥の効率が良いということが分かった。また薄く切った大根は皿にこびりつき、輪切りにした大根は磁性皿にくつつかないものの、その後細かくするのが大変であることが分かった。
- ⑥各工程で、乾物、灰化物の状態を確認することができた。
- ⑦電気炉使用上の注意事項、昇温時間の考え方の説明は大変参考になった。
- ⑧各操作でどのような沈殿が形成されるのかが分かり参考になった。
- ⑨5L ビーカーの取り扱い等、普段あまり気にしていなかった器具の取り扱いの注意点などを学べてよかった。
- ⑩化学分析操作のコツは、ストロンチウム分析法の研修で学んだものと同じだった。
- ⑪ろ過操作、ろ紙の処理方法について再確認できた。
- ⑫陸水について、大きい容器から小さい容器への移し方が参考になった。
- ⑬実際の処理にどれだけの時間がかかるかは、工程ごとの洗いの量などによって変わることがよくわかった。また洗いの量を少なくする技術を学べた。
- ⑭各操作でどのような沈殿が形成されるのかが分かり参考になった。
- ⑮土壌採取については日常業務で行っており、そのやり方を再確認できた。
- ⑯海水の測定試料(リンモリー水酸化物－硫化物)の状態について確認できた。

⑩不確かさの考え方、計算方法について学んだ。

c)その他

①詳しい説明後の実習だったため、大変わかりやすかった。

②近くに分析センターの職員の方がいて、すぐにアドバイスがもらえる状況で、疑問点等はすぐ聞いて良かった。

③普段何気なくしている前処理の意味がわかり有意義だった。今後の前処理に活かしていきたい。

④土壌については、採取だけではなく前処理も見学できたらよいと思う。

⑤雨水濃縮装置など見学できた。

⑥採取方法を動画で頂けるとありがたい。

⑦前処理の大切さを、あらためて感じる事ができた研修だった。今回学んだ事項を業務に活かし、適正な放射能調査を実施していきたい。

⑧他自治体の前処理の様子を聞くなど、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。

⑨実習に関して、海水の前処理に割いた時間が多く、新たな技術の習得となったが、今後調査することはないと思われる。

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。また、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。

(2)カリキュラム

(実施期間：平成 26 年 9 月 29 日～10 月 9 日)

	午 前	午 後	
第 1 日 9/29	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(GIS社分析法会社)
第 2 日 9/30	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 10/1	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 10/2	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 10/3	実習 []、 [] (灰) 硝酸乾固、カラム再生	講義 []、 [] 安定元素の分析方法
第6日 10/6	休講（台風の影響による）*	休講（台風の影響による）*
第7日 10/7	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 (灰 _s 、土 _s) ICP-AES[Sr] 試料希釈、測定 抽出クロマトグラフィーによる迅速分析法①	実習 []、 [] (灰) 化学回収率計算 (灰 _s) ICP-AES [Ca] 試料希釈、測定 (土) 塩酸溶解 抽出クロマトグラフィーによる迅速分析法②
第8日 10/8	実習 []、 [] (灰) ミルキング	午前と 同内容
		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 10/9	実習 [] 放射能測定データの解析、 データ整理	総評 []、 []、 []
		講義 [] ストロンチウムの迅速分析 法

(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。

*休講分は、第7～9日で補講を実施した。

(3) 受講者

(受講者数：13名)

[] (北海道 [])

[] (青森県 [])

[] (宮城県 [])

[] (福島県 [])

[] (福島県 [])

[] (茨城県 [])

[] (新潟県 [])

[] (福井県 [])

[] (静岡県 [])

■■■■ (鳥取県■■■■)

■■■■ (島根県■■■■)

■■■■ (佐賀県■■■■)

■■■■ (鹿児島県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (元日本分析センター)

■■■■ (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループリーダー)

■■■■ (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ技術参事)

■■■■ (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ上級技術員)

■■■■ (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ上級技術員)

■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)

(所属は平成 26 年 10 月 9 日現在)

(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 1 名、「多い」が 12 名
- ②時期：「適当」が 6 名、「遅い」が 7 名
- ③期間：「適当」が 10 名、「長い」が 1 名、「短い」が 1 名（不明が 1 名）

b) 講義等

- ①Sr 以外の放射化学分析については、なかなか学ぶ機会がなかったので勉強になった。プルトニウムなど、環境分析で今も他自治体で行われている放射化学分析法 について、もう少し詳しく解説があるとよい。
- ②迅速分析の測定法シリーズへの反映に強い関心を持った。
- ③ストロンチウム分析について、理解しきれていない原理や手順の意味について詳しく学ぶことができた。また、迅速分析法の知見が得られたことは非常に良かった。
- ④実際の業務において感じていた疑問を解消することができた。使用する器具のスケールやそれを使用する理由を説明してもらい、勉強になった。
- ⑤酸分解後の試料の色について、すべてが白になるわけではないことを示してもらい参考になった。分解操作上の注意事項もわかった。
- ⑥中和作業における土壌試料の色の変化と、NaOH の添加の加減、適正点での試料の様子を見ることができて有意義だった。
- ⑦試料の取り違えを防ぐためにも、電気炉加熱でも消えないラベルや規則性を持たせた配置にするなどの対策は重要だと思う。

- ⑧手順を確認しながら作業をできたので良かった。
- ⑨シュウ酸塩は手際よく生成させることで突沸を防ぐことができ、沈殿の生成量に影響することがよくわかった
- ⑩ろ紙の折り方と、漏斗で液柱を作ることでろ過の時間がかなり早くなるということが勉強になった。
- ⑪炭酸塩沈殿を溶かして加熱沸騰させる際、別に沸かしておいたお湯を加えるというのは作業時間の短縮になるので取り入れたい。
- ⑫普段ルーチンで分析をしているときには気付かなかったことに気き、勉強になった。マニュアルに沿って分析を進めるだけではわからなかったことがわかった。
- ⑬操作上のコツや器具の良し悪しについても教えてもらえた。また、操作中は部屋の中が暑くなるという事が分かった。
- ⑭樹脂カラムに関するアドバイス(ロットが変わった時の対応、樹脂の寿命の考え方など)、溶離条件検討方法の説明を受け、参考になった。
- ⑮イオン交換樹脂を再生する際の注意点等について詳しく学ぶことができ良かった。樹脂の膨張圧によるカラムの破損には特に注意したい。
- ⑯カラムの溶媒の流し方について、分析センターの方法を参考により正確に行えるように工夫したい。
- ⑰ミルキング操作を繰り返す意味合いを理解することができた。沈殿とろ液に何が含まれているかを意識しながら、操作を進めると自ずと注意すべき点に気づけるようになる。
- ⑱安定元素の濃度計算、化学回収率の計算は間違えがちだが、自分で式を立てて計算するのは勉強になった。普段、回収率は重量法のみで計算しているので、ICPを用いた測定・計算を経験でき良かった。
- ⑲安定元素を測定する意義や ICP 発光分析の原理や各種干渉、誤差の原因を確認できたのでよかった。
- ⑳回収率や試料中の安定元素濃度の計算の流れを理解することができた。計算例が理解に役立った。また、ICPの現物を見ることができたので、原子力センター再建・機器配置の参考にしたい。
- ㉑装置の保守が最も難しい課題と思う。(担当もほぼ毎年変わるため)
- ㉒検出部や測定試料見本を見せてもらう等、わかりやすい内容だった。
- ㉓放射能濃度計算について、特に減衰補正の式を自分で一から組み立てるのは難しかったが勉強になった。普段の業務で使う計算シートの見直しなどに活かしたいと思う。
- ㉔LBCの操作は、職場に帰ってから実機を扱い習熟していきたい。Sr-89の測定方法についてイメージを掴むことができた。

- ②⑤不確かさの計算は精度管理でしか行っていないので、改めて勉強し直すことができた。
- ②⑥不確かさについては、大変勉強になった。
- ②⑦放射性ストロンチウム分析において、不確かさとして考慮するポイントを踏まえて解説してもらえたので、計算内容が理解しやすかった。
- ②⑧講義中心の講座とは違い、分析結果に対する講評があつてよかった。
- ②⑨実習の結果及び評価が確認でき、操作手順の不備があつたこと等がそのまま反映され、今後の実務に活かされると思う。また、他の研修生データや、センターデータと比較でき参考となった。
- ③⑩読み取る数値の桁数や試料の取り扱い方等、今後参考にしていきたい。

c) その他

- ①試料の秤量等一つ一つの作業に時間がかかっている印象があつた。人数がもう少し少なければよりスムーズだったと思う。
- ②9日間にわたる長期の研修の中で、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。まだ技能試験や分析確認があるが、結果が基準値におさまっていたので、自信を持って取り組めそう。
- ③実習が主の研修であり、自分が実際に行ってきた分析方法と比較・検討が行えたため、要点の見極めができたと思う。これからの分析に活かしていきたい。
- ④迅速分析法の現状や、実際の福島事故後の対応を教えてもらい、大変ためになりました。
- ⑤マニュアルどおりに業務で行ってきた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。そのためにも、もっと早く春頃に研修を受けることができたらよかったと思う。
- ⑥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、とても勉強になった。
- ⑦質問に丁寧にご回答いただいた。職場に戻ってからも、いろいろと質問したいと思う。

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、使用する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

(実施期間：平成26年9月3日～9月11日)

	午 前		午 後		
第1日 9/3	実習 [] Pu(α)、Pu(迅速)、U(α 、ICP): サンプルング、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-M 迅速分析)	実習 [] Pu(迅速): M.W 分解
第2日 9/4	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 9/5	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 9/8	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 9/9	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 9/10	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 9/11	実習 []、 [] 分析結果の比較、質疑応答				

M.W: マイクロウェーブ

(3) 受講者

(受講者数: 5名)

■■■■ (青森県■■■■)
■■■■ (宮城県■■■■)
■■■■ (福島県■■■■)
■■■■ (茨城県■■■■)
■■■■ (岡山県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (むつ分析科学研究所長)
■■■■ (むつ分析科学研究所海洋放射能グループリーダー)
■■■■ (むつ分析科学研究所海洋放射能グループ上級技術員)
(所属は平成 26 年 9 月 11 日現在)

(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
- ②時期：「適当」が 3 名、「遅い」が 2 名
- ③期間：「適当」が 5 名

b) 講義等

- ① α 放射体分析法概論では概要全体を Pu 及び U 分析法について試料毎に分析フローを説明いただいた。Pu を 4 価に調整する理由が明確になった。
- ②サンプリングについては、試料を量り取っただけであり、特に問題なかった。デモンストレーションの中で、海水の泡や灰試料の発火など、コツ・注意点を聞くことができたのはよかった。
- ③濃縮してから酸を足すことの意味やイオンの価数を調整することで目的核種をカラムに付けたり、はがしたりするということを実習をとおして理解でき、大変参考になった。
- ④カラムの空気泡の抜き方や、価数調整時の溶液の突沸防止など、マニュアルに載っていない作業のコツを知ることができ、非常に有益であった。
- ⑤カリキュラムには載っていないが、樹脂のコンディショニングの実演も、大変参考になった。
- ⑥フッ化物共沈法について、初めての作業であったが、丁寧に教えてもらったので、問題なく実施できた。
- ⑦U(α) については、測定法シリーズ及び本県とは若干異なる(吸引ろ過と蒸発乾固の順番、ろ紙) 点は興味深かった。測定法シリーズと異なる点

について詳しく話してもらえると勉強になる。

- ⑧各工程での注意点等を教えてもらい、勉強になった。ミスをした点については、注意点をよく覚えておき、今後は留意したい。午前中の実習も含めてであるが、U(α)しか経験が無いので、並行していろんな分析を行うと頭が追いつかなかった。
- ⑨Pu(α)の2回目の亜硝酸Naを入れてから水冷する工程で突沸を起こしてしまった。身をもって経験したので、今後は最善の注意を払いたい。また、カラムの使用経験が無いので、使用時のコツは勉強になった。
- ⑩Am(迅速)については、メンブランフィルターをステンレス鋼板に貼り付けて測定するという手法は吸引ろ過のろ液が測定試料だと思っていたと共に、電着とは異なる手法なので興味深かった。
- ⑪予定にはなかった樹脂のコンディショニングも実演してもらえたため、大変参考になった。
- ⑫使う場面はあまりないかもしれないが、フッ酸のための濾過器等も見られて良かった。
- ⑬ICP-MSを使ったことはなかったが、測定前のチューニング等の実践的な部分を見せてもらい、大変参考になった。
- ⑭ICP-MSの測定について、データの確認や操作の注意点などを確認することができた。
- ⑮不確かさの概念について、ある程度理解することが出来た。今後、自分で実際に計算し、考え方を身に付けたい。

c) その他

- ①全体的にキャンセル待ちの研修が多いので、枠を増やしてもらいたい。
- ②研修講師には非常に懇切丁寧に説明、指導いただいた。
- ③講師の作業を間近で見せていただき、勉強になった。
- ④実習の作業は難しいものでは無かったが、講師が普段気を付けている点が聞いて参考になった。
- ⑤実習の割合が多く、参加型の研修であった。自分で手を動かしながら学ぶことが出来たので理解度も高く、大変有意義で、楽しい研修であった。
- ⑥研修で使用した部屋以外の実験室や測定機器についても見学し、とても参考になった。
- ⑦講義資料は内容が豊富で非常にいいと思った。
- ⑧実習に関する疑問について、作業中にもかかわらず、テキストで説明してもらえた。

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。

(2) カリキュラム

(実施期間：平成26年11月4日～11月7日)

	午 前	午 後	
第1日 11/4	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 11/5	実習 []、 [] 燃焼、還流、測定条件の設定①	講義 [] 不確かさの求め方	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 11/6	実習 []、 [] 還流の常圧蒸留、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 11/7	実習 [] 測定データの解析、大気中トリチウムサンプラーの停止	実習 []、 [] 測定条件の設定②の続き	講義 [] 被ばく線量評価

(3) 受講者

(受講者数：9名)

- [] (北海道 [])
- [] (宮城県 [])
- [] (福島県 [])
- [] (茨城県 [])
- [] (新潟県 [])
- [] (石川県 [])
- [] (福井県 [])
- [] (静岡県 [])
- [] (鳥取県 [])

(4) 講師

- (元放射線医学総合研究所)
 - (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループリーダー)
 - (放射能分析事業部 α 線・ β 線解析グループ上級技術員)
 - (放射能分析事業部試料採取グループ上級技術員)
- (所属は平成 26 年 11 月 7 日現在)

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

b) 講義等

- ①講義の中で教えていただいたトリチウムの試料形態等については、普段測定していない形態のものもあり、今後様々なデータや資料を見る際に参考にしたい。
- ②凍結乾燥機による牛乳の前処理を見学した。凍結乾燥の原理がよく判った。
- ③電解濃縮法等、普段やっていないことを体験できたことは良かったが、グループ分けをした方が良かったと思う(待ち時間が長かった)。
- ④実際の手順の一部をやってみて機械操作の概要がつかめた。理論的などころをもう少し時間をとってもらってもよかった。
- ⑤UV 測定により、蒸留による不純物の除去効果が良くわかった。
- ⑥キャベツの TFWT の UV 測定を通して、電導度が低くても有機物が存在する可能性があることが分かった。生体試料の分析を行うときは、UV 測定も行うようにしたい。
- ⑦TFWT、OBT については業務で行っていないため、大変興味深く見学した。
- ⑧電解濃縮後の重量比較で全カラムほぼ同じ割合で濃縮が進んでいることが確認できた。
- ⑨液シンのウィンドウ設定は非常に参考になった。
- ⑩測定条件設定はやったことがなかったので機器操作も含めて勉強になった。普段、生物試料は扱っていないので燃焼や還流という前処理は初めて目にするもので興味深かった。
- ⑪測定データの解析にもう少し時間を頂きたかった。
- ⑫トリチウムは体外に排出されやすいため線量係数が小さく他の核種に比

べて危険度が少ないことがよくわかった。(原子力施設から大量に排出されても良い理由がわかった) カナダの湖での淡水生物取込み実験の事例紹介は興味深かった。

- ⑬不確かさは毎回研修に入っているのですが、もう少しトリチウム分析に特化した講義もしくは演習がいいと思う。

c) その他

- ①カリキュラムの配付により、全日程の見通しが分かる点は良かった。
- ②何となくしか知らなかったトリチウム分析の基本的な部分が、実習等を通して学べたことは非常に有意義だった。
- ③一般的なトリチウムに関する知識しかなかったので、分析法の細かい原理や化学形ついてよく理解できた。
- ④事前に偏った知識しか持っていなかったため、じっくりと分析法・原理等を学ぶことができた。
- ⑤トリチウム分析の経験がないため、基本的な動作に不安がありましたが、説明等わかりやすく、作業がこなせたと思う。現時点では原理等に理解不十分なところがあり、今後の作業を進めながら理解を深めたい。
- ⑥スペース的に厳しいと思うが、自治体では減圧蒸留が主であるので、減圧蒸留操作を各人経験できると良いと思う。
- ⑦あと 1 日ぐらいは研修期間があってもよかったと思う。実習で手を動かしながら学ぶのに加え、理論的な背景等もう少し詳しく説明を聞いたかった。
- ⑧外履き用スリッパを室内用と同じようなものもあるとよい。(かかと側が高いものを長時間履くと膝が痛くなるため)

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

(第1回実施期間：平成26年9月2日～9月10日)

	午 前	午 後
第 1 日 9/2	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 9/3	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 9/4	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 9/5	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 9/8	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 9/9	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 9/10	実習 [] 不確かさの具体的算出	

（第 2 回実施期間：平成 26 年 10 月 14 日～10 月 22 日）

	午 前	午 後
第 1 日 10/14	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 10/15	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 10/16	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 10/17	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 10/20	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 10/21	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 10/22	実習 [] 不確かさの具体的算出	

（第 3 回実施期間：平成 26 年 11 月 11 日～11 月 19 日）

	午 前	午 後
第 1 日 11/11	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 11/12	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 11/13	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）

	ギー校正	
第4日 11/14	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 11/17	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 11/18	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 11/19	実習 [] 不確かさの具体的算出	

(3) 受講者

(第1回受講者数：6名)

[] (岩手県 [])
 [] (山梨県 [])
 [] (京都府 [])
 [] (徳島県 [])
 [] (長崎県 [])
 [] (鹿児島県 [])

(第2回受講者数：7名)

[] (青森県 [])
 [] (福島県 [])
 [] (埼玉県 [])
 [] (新潟県 [])
 [] (富山県 [])
 [] (静岡県 [])
 [] (愛知県 [])

(第3回受講者数：10名)

[] (北海道 [])
 [] (北海道 [])
 [] (青森県 [])
 [] (岩手県 [])
 [] (秋田県 [])
 [] (茨城県 [])
 [] (静岡県 [])
 [] (奈良県 [])

■■■■ (広島県■■■■)
■■■■ (愛媛県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループリーダー)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (分析関連事業部精度管理グループ技術参事)

(所属は平成 26 年 11 月 19 日現在)

(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、1 名回答なし
(第 2 回)「適当」が 7 名
(第 3 回)「適当」が 10 名
- ②時期：(第 1 回)「適当」が 1 名、「遅い」が 4 名、1 名回答なし
(第 2 回)「適当」が 6 名、「遅い」が 1 名
(第 3 回)「適当」が 7 名、「遅い」が 3 名
- ③期間：(第 1 回)「適当」が 4 名、「長い」が 1 名、1 名回答なし
(第 2 回)「適当」が 5 名、「長い」が 2 名
(第 3 回)「適当」が 9 名、「長い」が 1 名

b) 講義等

- ①市販の基礎的な放射線関連のテキストは、非常にわかりづらいが、講義は理解しやすかった。
- ②放射性核種から放出される γ 線、Ge 検出器内での γ 線の相互作用についての話を聞き、検出器内で何が起きているか、また相互作用によるピーク検出への影響などを改めて学ぶことができた。
- ③所属にはオシロスコープがないため、実際に触りながら説明を受けられたことはとても有意義だった。
- ④Ge 半導体検出器の内部を見ることは普段あまりないので参考になった。
- ⑤U-8 容器及びマリネリ容器への試料充填について学び、マリネリではカバーへのパウダー塗布や、液面を保てる充填法が参考になった。シートに

- よる養生や排気ドラフトなど実験室内環境も参考になった。
- ⑥試料の調整(充填など)実習で、注意点などが理解しやすかったです。また、マリネリ容器への調整(水試料)も行うことができ、貴重な経験だった。可能なら、生試料の充填方法もあると緊急時用に実施してほしい。
 - ⑦試料調製を実際やってみて、細かい留意点等について確認ができて良かった。分析センターで実際に使用している器具、消耗品はとても参考になり、震災時の緊張感がなくなってきた現在、改めて当県でも緊急時に備える必要があると感じた。
 - ⑧放射能濃度の算出方法について理解することが出来た。
 - ⑨手計算することにより、理解が深まった。
 - ⑩濃度計算において、妨害ピークの寄与、計算による処理について具体的に学ぶことができた。
 - ⑪コベル法を用いた放射能濃度の計算方法を学ぶことができた。妨害ピークが存在する場合の寄与係数の算出方法や、その場合の正味のピーク面積の計算方法を知ることができた。
 - ⑫報告下限値の算出法、扱い方について知ることができた。
 - ⑬普段使っているソフトの内容がよくわかった。
 - ⑭分析ソフトによる解析時の注意点について理解することが出来た。
 - ⑮核データライブラリの編集の手順、ライブラリに加えておくべき核種について、よく理解できた。
 - ⑯核のマスターデータをいじる事ができたのは貴重な収穫だった。また、親核種と子核種との間で半減期が大きく異なる際には注意を要することも分かった。
 - ⑰ガンマスタジオでピーク効率曲線を作成する手順がわかった。
 - ⑱宇宙線との相互作用でスペクトル上に検出される可能性のあるピークやサムピーク等の説明は、不明ピークの同定の際にとっても役に立つ。
 - ⑲不確かさについて順序立てて説明してもらい理解が深まった。
- c) その他
- ①研修者の経験の差がある中で、それに対応したとてもきめ細やかな研修内容だった。
 - ②講師の方の経験事例のお話も今後の業務に有用である。
 - ③普段はソフトが自動で計算している過程を、実計算して求めることは測定に理解する上で非常に有意義であった。
 - ④午前の講義も含め、1日で全ての講義を終わらせるのは少し厳しいと思う。実習と並行させて進めた方が理解もしやすいのではないか。
 - ⑤時間があれば、実際に前処理→乾燥→灰化→充填→測定→解析とできれ

ばよい。

- ⑥今までブラックボックスであった部分がかかり分かるようになった。
- ⑦本には書いていない工夫やコツを知ることができた。
- ⑧可能であれば作業時に CIA の簡易マニュアルが欲しい。

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

(実施期間：平成26年11月25日～11月28日)

	午 前	午 後	
第1日 11/25	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	実習 []、 [] 試料採取法
第2日 11/26	実習 []、 [] 測定試料の調製①	実習 []、 [] 測定試料の調製②	
第3日 11/27	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 11/28	実習 []、 []、 [] 緊急時スペクトルの解析③		

(3) 受講者

(受講者数：7名)

- [] (新潟県 [])
- [] (福井県 [])
- [] (愛知県 [])
- [] (三重県 [])
- [] (島根県 [])
- [] (愛媛県 [])
- [] (佐賀県 [])

(4) 講師

- (放射能分析事業部試料調製グループリーダー)
 - (放射能分析事業部試料調製グループ調査役)
 - (放射能分析事業部 γ 線解析グループリーダー)
 - (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
 - (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- (所属は平成 26 年 11 月 28 日現在)

(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、「少ない」が 1 名
- ②時期：「適当」が 5 名、「遅い」が 2 名
- ③期間：「適当」が 4 名、「長い」が 3 名

b) 講義等

- ①環境放射線モニタリングについて再確認できた。
- ②緊急時におけるモニタリングの目的と OIL 判断に使う空間線量率測定の方法や使用機器の特性について理解できた。
- ③実際の事故の実測例が参考になった。
- ④事故当時のダストモニタによる β/α 比の変化やモニタリングポストと野外 Ge の結果からどの核種が線量率に寄与しているかが分かり、参考になった。
- ⑤NaI(Tl)シンチレーション検出器と Ge 半導体 検出器の違いが参考になった。
- ⑥NaI スペクトロメータによる解析法や緊急時のスクリーニングレベルについて理解できた。
- ⑦試料間の相互汚染防止の重要性を 再確認した。
- ⑧事故時の前処理の様子等も聞くことができ、参考になった。
- ⑨緊急時の試料は生試料であり、使用器具も安価で使い捨てできることが重要だと思った。容器への充填率は下がるが迅速性を優先する必要性も理解した。
- ⑩分析センターでは試料受入れからの作業がほとんどだと思うが、現地での採取作業に関しての内容も検討してもらいたい。
- ⑪緊急時のスペクトルから核種を同定する際、手作業で行うのは時間を要した。放出核種や壊変系列を推定すること、主ピークと副ピークの状況を把握することが重要で、知識とコツが要ると感じた。サムピークの同

定はほとんどできなかった。

- ⑫緊急時には、これまでの事故を経験に、あらかじめ緊急時用核種ライブラリを整備しておくことが重要だと感じた。
- ⑬目星をつけた核種の裏付けが難しかった。核データファイルによってはソフトは誤同定するので注意が必要であることがわかった。

c) その他

- ①汚染防止対策等を行った実際の前処理室や測定室が見られるとよかった。
- ②国との契約の関係だと思うが、研修開始をもっと早くしてもらいたい。特に基礎の研修は年度当初を希望します。9～11月は通常業務も多く、研修が集中していると受講に支障がでる(センターも同様だと思う)。
- ③期間が長いと回答しましたが、緊急時の対応は普段から様々な解析や試料採取をやっている立地県と水準調査のみの県では研修の難易度が変わってくると思う。研修が分けられるのであれば、短期の研修もあれば受講しやすいと思う。
- ④実際に事故に直面した時のことを想定して、防災訓練や今回のような緊急時向けの研修が受講できることは大変ありがたい。今後も緊急時向けの講座を継続・充実してほしい。

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

平成26年度に新たに開設した講座である。

(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

(実施期間：平成27年2月17日～2月20日)

	午 前	午 後	
第1日 2/17	講義[] 緊急時環境放射線モニタリング	講義・実習[] 可搬型 Ge 半導体検出器を用いた in-situ 測定	実習[]、 []、[]、 [] 角度効率の作成・機器の養生
第2日 2/18	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[]、 []、[]、 [] 測定試料の調製

第3日 2/19	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 2/20	講義・実習 [] 事故後における in-situ 測定実測例	

(3) 受講者

(受講者数：6名)

- [] (青森県 [])
- [] (宮城県 [])
- [] (茨城県 [])
- [] (新潟県 [])
- [] (石川県 [])
- [] (愛媛県 [])

(4) 講師

- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループリーダー)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ)
- [] (放射能分析事業部 γ 線解析グループ)

(所属は平成 27 年 2 月 20 日現在)

(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 2 名、「遅い」が 4 名
- ③期間：「適当」が 6 名

b) 講義等

- ①可搬型 Ge 半導体検出器を用いた測定のメリット・デメリットと、解析手法について学んだ。特に天然核種の濃度・線量の計算に特徴があることがわかった。
- ②角度効率の求め方と、機器の養生の手法を教わった。天候や温度によって測定結果にも影響が出てくるので、日差し対策等もしっかりと行うよ

うにしたい。

- ③校正線源がないために、角度効率を作成する作業が実際に行えず、残念だった。
- ④メーカーごとの検出器の特徴や注意点も聞くことができたので、今後の参考としたい。
- ⑤スクレーパープレートによる土壌の採取は普段の業務ではまずやることがないので貴重な経験だった。今後も必要な研修と思う。
- ⑥器具の工夫や汚染防止対策の具体的事例が参考になった。
- ⑦作業の意味と、かなりの労力を要することが理解できた。直接測定に責任を持つものでないと丁寧な作業が期待できないことも納得できる。
- ⑧湿土をそのまま供試料として調整したことがなかったので、よい経験になった。
- ⑨機器の操作手順書のようなものがあると、もう少し自分たちで自主的に操作できたと感じた。
- ⑩ β 値の違いによって全体に分布する放射線量が大きく異なることが理解できた。
- ⑪事故後の実測において、 β 値の評価が難しいこと、高線量率地域ではデッドタイムが長くなるなどの事例については非常に参考になった。
- ⑫ISOCS の使用例について参考になった。

c) その他

- ①特にスクレーパープレートを経験できたことがよかった。
- ② β 値毎の検出器の設置高さの影響等を実習に取り入れてはどうか。
- ③現場にはテントは用意できませんが、研修として実習するためには、テントは必須だった。風よけ、保温効果により作業の難易度が下がり、ひとつひとつの作業に集中できた。
- ④Ge 研修のように事前に所有機器のメーカを調査し、概ねメーカ毎の班に分けて測定を行ってもよいと感じた。
- ⑤解析結果の考察・解説時間を増やしてほしい。
- ⑥他講座に比べ、一つ一つの実習が密接に関係しており、大変有意義な講座だと思う。
- ⑦特に「スクレーパープレートによる土壌採取」及びそのデータ解析は実践的で役立つものと感じた。
- ⑧可能であれば、in-situ 用解析ソフトを人数用意し、各自測定データを基に実際の解析手順を踏み、解析結果をまとめるとより実践的になる。
- ⑨スクレーパープレートによる採取結果が予想以上に良好な結果となっており、この作業は今後も研修で取り入れるべきである。

- ⑩可搬ゲルマを一番に使う状況、例えば積算線量計の調査結果の検証、モニタリングポスト設置予定地の事前調査等の利用例をはじめの講義に加えると良い。

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

第1回（実施期間：平成26年9月11日～9月12日）

	午 前		午 後	
第1日 9/11	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 (続き)	講義[] 緊急時におけるガンマ線スペクトルの実際
第2日 9/12	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2回（実施期間：平成26年10月23日～10月24日）

	午 前		午 後	
第1日 10/23	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 (続き)	講義[] 緊急時におけるガンマ線スペクトルの実際
第2日 10/24	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	レポート 作成

(3) 受講者

(第1回受講者数：3名)

[] (青森県 [])
[] (青森県 [])
[] (宮城県 [])

(第2回受講者数：4名)

[] (青森県 [])
[] (新潟県 [])
[] (福岡県 [])
[] (大分県 [])

(4) 講師



(放射能分析事業部次長)



(分析関連事業部精度管理グループ技術参事)

(所属は平成 26 年 10 月 24 日現在)

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

b) 講義等

- ①緊急時におけるマリネリ容器の取扱いが参考になった。
- ②シンプルな定義と概念図等で頭の整理をすることができた。
- ③用語の説明や基礎的な説明が丁寧で分かり易かった。スペクトル中のピークの重要性や、検出、不検出の判定について分かり易い解説だった。
- ④緊急時における γ 線スペクトル解析の難しさがわかった。
- ⑤解析ソフトが行っている内容を知ることができ、有意義だった。
- ⑥ピークサーチなどその原理がわかった。
- ⑦緊急時の半減期補正とピークサーチによる核種の同定には気を付ける必要がある。
- ⑧実際に測定した結果を半減期補正やサム効果補正を行わないと、誤った解析結果を公表することで問題事象を引き起す。市販のソフトでは対応できないことも分かった。

c) その他

- ①緊急時におけるスペクトル解析の注意については、初めて聞いた内容と思われるので、大変貴重な機会だった。
- ②生徒が少なかったので質問をたくさんすることができ、より理解を深めることができた。
- ③分析センターの研修を受講したのは数年ぶりだったが、送迎バスがなくなったこと、レポートの廃止といった大きな変化に驚いた。
- ④15時に終わるカリキュラムにしてもらえると、当日帰ることができる。

2.2.14 環境ガンマ線量率測定法

平成 26 年度に内容を再編し開設した講座である。

(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

(実施期間：平成 27 年 1 月 20 日～1 月 23 日)

	午 前	午 後	
第 1 日 1/20	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 []、 []、 []、 [] 観測時の注意点 (遮蔽、距離、散乱線)
第 2 日 1/21	実習 []、 []、 []、 [] 特性試験 (温度特性)	実習 []、 []、 []、 [] 特性試験 (方向特性)	実習 []、 []、 []、 [] 特性試験 解析・データ整理
第 3 日 1/22	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② (解析)	実習 []、 []、 []、 [] 各種線量計による表面サーベイ
第 4 日 1/23	実習 []、 []、 []、 [] 天然放射性核種寄与分と人工放射性核種寄与分の弁別		

(3) 受講者

(受講者数：9 名)

- [] (北海道 [])
- [] (青森県 [])
- [] (青森県 [])
- [] (福島県 [])
- [] (静岡県 [])
- [] (鳥取県 [])
- [] (愛媛県 [])
- [] (佐賀県 [])
- [] (鹿児島県 [])

(4) 講師

- (放射能分析事業部 γ 線解析グループリーダー)
- (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
- (放射能分析事業部 γ 線解析グループ)

(所属は平成 27 年 1 月 23 日現在)

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

b) 講義等

- ①講習会の導入として大変良い復習ができた。原子力防災対策指針についても触れて、モニタリングが緊急時にどう活用されるか復習できた。
- ②平常時においては緊急時モニタリングのための体制づくりやデータの蓄積が重要であること、緊急時においては原発の事故を想定した指針が作成され、それに基づくモニタリングを実施することを理解した。
- ③平常時モニタリングの意義等の説明があった。可能ならば、第 1 四半期の時点で研修を受けたかった。
- ④NaI 式や電離箱式検出器の特性、構造を詳細に理解できた。
- ⑤測定の際には検出器にむやみに近づかないことが重要と学んだ。
- ⑥点検や校正について、どのような手法が用いられるかを理解できた。
- ⑦遮へい、距離、散乱についての基本、環境 γ 線モニタリングの測定に関する注意点を実習で学んだ。
- ⑧3 か所の異なる温度条件下で測定を行い、それぞれの測定値の変動について確認できた。
- ⑨北海道でも氷点下での測定も考えられるので、冷凍庫内の試験(検出器カバー付、なし)も実施してほしい。
- ⑩検出部の、放射線が照射される断面積の大きさに比例して、測定した放射線量率が過大評価されてしまうことが理解できた。
- ⑪測定値を解析することにより、各測定値に含まれる宇宙線寄与やセルフドーズについての理解を深めることができた。
- ⑫3 種類の測定器を使って、放射性物質で汚染された所を特定する実習を通

じ、状況に応じて機器を使い分けることが必要とわかった。

⑬SCA 弁別法による人口寄与線量率の算出は、本県でも用いている手法で、理解が深まった。DBM 回路について、丁寧に解説してもらい、大変有意義であった。

c) その他

- ①普段使ったことがない機器の操作方法を知る貴重な機会だった。
- ②様々な局面で福島の実例を引いて解説してもらえるため、研修の有効性は事故以前と比較して高まっていると感じた。
- ③測定器の特徴や測定時の注意点など、実習で学ぶことが一番だと感じた。
- ④モニタリングポストの機械の不具合などに際し、今後は研修で得られた知識を生かしたい。
- ⑤測定中非常に寒く、屋外測定の厳しさ、難しさを体感することができた。
- ⑥本研修内容はγ線測定の基礎なので、できることなら年度初めの時期に実施したほうが日頃の放射線測定・監視業務に活かせると思う。

2.2.15 環境ガンマ線量率測定法（上級編）

平成 26 年度に内容を再編し開設した講座である。

(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

(実施期間：平成 27 年 1 月 27 日～1 月 30 日)

	午 前	午 後	
第 1 日 1/27	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[]、[]、[] 機器調整 (ゲイン、ゼロ点)
第 2 日 1/28	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 1/29	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)	実習[]、[]、[] NaI における各種線量演算方法
第 4 日 1/30	実習[]、[]、[] 事故後における当センターの連続モニタ実測例		

(3) 受講者

(受講者数：1名)

■■■■ (静岡県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループリーダー)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
■■■■ (放射能分析事業部 γ 線解析グループ上級技術員)
(所属は平成 27 年 1 月 30 日現在)

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

b) 講義等

- ①モニタリング指針の内容の詳細についてわかりやすい説明だった。
- ②福島原発事故の事例等も参考になり、特に放射性希ガスの観測事例については馴染みがなく勉強になった。
- ③検出器の特性がわかった。特に DBM 法や G(E) 関数法の意味がわかった。
- ④実際に印加電圧調整やエネルギー校正ゼロ調整において、DBM 方式と G(E) 関数方式のスペクトロメータの調整方法の違いがわかった。
- ⑤実際に印加電圧を変更することで線量率への影響が確認でき、DBM 方式のモニターと G(E) 関数方式のスペクトロメータの違いを確認できた。
- ⑥低線量は NaI、高線量は電離箱で測定ということは知っていたが、高線量を照射したときの検出器の応答を実際に確認し、両者の違いがわかった。
- ⑦NaI における線量演算方法について3種類説明があった。計算法は異なっても同じ線量率となることが確認できた。
- ⑧実際の測定事例がとても参考になった。事故後の線量率の変化と人工核種の寄与についてよくわかった。

c) その他

- ①この研修は緊急時モニタリングの上級編という位置づけだが、初級の講義内容の追加講義もあり、基礎的な部分も含めてよくわかった。
- ②受講生が一人で最初は戸惑ったが、遠慮なく質問や情報交換ができた。

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

(実施期間：平成26年10月28日～10月31日)

	午 前		午 後	
第1日 10/28	講義 [] ・各種線量計の紹介 ・積算線量計の理論と計測 実習 []、 [] 実習 1. 取扱の際の注意事項の紹介		講義 [] ・各種線量計の紹介 ・積算線量計の理論と計測 実習 []、 [] 実習 1. 取扱の際の注意事項の紹介	
第2日 10/29	実習 []、 [] 実習 2. 特性試験		実習 []、 [] 実習 2. 特性試験	実習 []、 [] 実習 2. 特性試験
第3日 10/30	実習 [] 実習 3. 積算線量計の測定①		実習 [] 実習 3. 積算線量計の測定②	
第4日 10/31	講義 [] 不確かさの求め方	実習 [] データの整理、解析及び検討評価	講義 [] 事故の影響による線量変化(紹介)	

(3) 受講者

(受講者数：11名)

- [] (北海道 [])
- [] (青森県 [])
- [] (宮城県 [])
- [] (福島県 [])
- [] (富山県 [])
- [] (福井県 [])
- [] (鳥取県 [])
- [] (島根県 [])
- [] (愛媛県 [])
- [] (福岡県 [])
- [] (鹿児島県 [])

(4) 講師



(元日本分析センター)



(むつ分析科学研究所大気放射能グループリーダー)



(むつ分析科学研究所大気放射能グループサブリーダー)

(所属は平成 26 年 10 月 31 日現在)

(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、「多い」が 5 名
- ②時期：「適当」が 4 名、「遅い」が 7 名
- ③期間：「適当」が 9 名、「長い」が 1 名、「短い」が 1 名

b) 講義等

- ①TLD やウラン鉱石の紫外線による発光を見学できた。
- ②新しい機器の紹介もあり、積算線量測定と現在の社会的ニーズとの整合性について再考するよい機会となった。
- ③実験でどの条件が適しているかを確認することができた。
- ④測定経験の無い受講者もおおり、基礎的な測定方法などの解説があるとより分かりやすくなる。
- ⑤実験に関して、ねらい等を事前に説明したほうが良い。
- ⑥グループ別に同時に行った実験について、機材・教員の数が少なかった。
- ⑦測定値に影響を与える操作条件(アニール、放冷、照射線源のエネルギー、ビルドアップ温度・時間、放冷条件) や因子(汚れ等)について理解できた。
- ⑧緊急時を想定し人為的に素子を汚すなど、通常とは異なる条件での測定を参加者同士で考えることは、RPLD による積算線量測定の仕組みを再確認する良い機会になった。
- ⑨不確かさの要因となる各作業について、職場に戻りどのように算出しているのか確認したい。
- ⑩事故後の日本分析センターにおける線量率等の変動や測定事項について知ることができた。
- ⑪可搬型 Ge の屋外への設置、ロール式のろ紙の使用、 B/α 比の測定は県では行っていないので、参考にしたい。

c) その他

- ①施設見学が大変興味深かった。
- ②RPLD と TLD の両方を学ぶことができ良かった。

- ③測定作業を行ったことがないので、実際に作業を行い参考となった。
- ④実務では自主点検も不可欠な業務なので、照射設備、線量計、リーダの健全性の確認方法などについて研修できると、なお良い。
- ⑤実習中の待ち時間で、測定結果について考察することができた。
- ⑥実習では、分析センターのメソッドに触れることができた、また、他県のメソッドについて情報交換できた。
- ⑦さまざまな質問に対して丁寧に回答してもらえて良かった。
- ⑧実験室や機材の関係で、受講者の数を減らす等の改善が必要だと感じた。
- ⑨TLD と RPLD を完全に別の研修にするか、全員で TLD の測定実習を行ってから全員で RPLD の測定実習を行うようなスケジュールが良い。

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

(実施期間：平成 27 年 2 月 24 日～2 月 27 日)

	午 前		午 後	
第 1 日 2/24	講義[] 総論	講義[] 放射性核種とモニタリング	講義・演習[] 大気・陸圏の放射性核種の挙動	
第 2 日 2/25	講義・演習[] 水圏の放射性核種の挙動		講義・演習[] 外部被ばく線量推定	
第 3 日 2/26	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 4 日 2/27	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[] 食品摂取による内部被ばく線量及び食品の規制値	演習[] 線量推定

(3)受講者

(受講者数：15 名)

■■■■■	(北海道■■■■■)
■■■■■	(青森県■■■■■)
■■■■■	(山形県■■■■■)
■■■■■	(埼玉県■■■■■)
■■■■■	(東京都■■■■■)
■■■■■	(神奈川県■■■■■)
■■■■■	(新潟県■■■■■)
■■■■■	(福井県■■■■■)
■■■■■	(静岡県■■■■■)
■■■■■	(愛知県■■■■■)
■■■■■	(島根県■■■■■)
■■■■■	(愛媛県■■■■■)
■■■■■	(福岡県■■■■■)
■■■■■	(佐賀県■■■■■)
■■■■■	(長崎県■■■■■)

(4) 講師

■■■■■	(独立行政法人日本原子力研究開発機構)
■■■■■	(独立行政法人日本原子力研究開発機構)
■■■■■	(公益財団法人海洋生物環境研究所)
■■■■■	(福井工業大学)
■■■■■	(技術参事)
■■■■■	(放射能分析事業部α線・β線解析グループ上級技術員)
■■■■■	(分析関連事業部教育研修グループサブリーダー)

(所属は平成 27 年 2 月 27 日現在)

(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 14 名、「多い」が 1 名
- ②時期：「適当」が 7 名、「遅い」が 8 名
- ③期間：「適当」が 11 名、「長い」が 1 名、「短い」が 2 名（不明 1 名）

b) 講義等

- ①規制庁の指針・計画等、原環センターの環境パラメータがまとめられたページは今後利用できると感じた。
- ②原子力災害対策指針(H25.9 全面改訂)→補足資料緊急時モニタリングに

- ついて(H26.1.29 初版)等、指針類の位置づけがわかった。
- ③環境放射線モニタリング指針の概要について理解できた。
 - ④データベースの紹介もあったので、今後活用したい。
 - ⑤環境放射線モニタリング全般について概括できたので、頭の整頓に非常に役立った。
 - ⑥現在システム化されている平常時のモニタリングであるが、どのような経緯・考え方からそのようになったかがわかり大変参考になった。現在の平常時のモニタリング計画を見直す契機になった。
 - ⑦原子炉施設から放出される放射性物質や、モニタリング上の留意点は、参考となるので、もう少し時間をかけても良い。
 - ⑧大気での拡散モデルでは、ガウス式3次元的に予測することがわかった。ただ、現実には福島原発事故時もいわき方面に流れる予測が飯館方面に流れ、予測の難しさがわかった。
 - ⑨SPEEDI について放出源情報が適切でないとせつかくの計算結果がまったく実情を反映しないものになることが良く理解できた。
 - ⑩SPEEDI がなぜ防護対策に有用ではないのか理解できたが、モニタリングを実施する現場としては利用したいツールである。
 - ⑪陸域での放射性核種の挙動について、福島の事故の実データ(乾性沈着と湿性沈着による核種ごとの拡散の違い等)を用いての説明がわかりやすかった。拡散方程式等の数式の説明は難易度が高かった。
 - ⑫原発事故後の海域における放射能汚染の現状について、豊富なデータに基づく説明でよく理解できた。
 - ⑬水圏の放射性物質の挙動については難解な部分があり、もう少し時間をかけて説明を聞きたい。
 - ⑭外部被ばくについて、実際の測定データとモデルの整合性など演習問題を使って理解を深めることができた。
 - ⑮外部被ばくの線量推定に必要なファクターとその傾向を広く学ぶことができた。
 - ⑯外部被ばくによる線量推定方法について、線量の変動要因や適切な換算係数の使用が大事とわかった。
 - ⑰預託線量の根拠や各器官・組織への影響(算出)がわかった。
 - ⑱内部被ばく推定に必要な ICRP 勧告の概要や、ラドンの内部被ばくに関して理解できた。
 - ⑲各部位に関する線量算定の考え方を詳細に学ぶことができた。
 - ⑳原子力施設立地県の線量推定及び評価法について、これまでのキャリアを生かした講義で、非常に参考となった。

- ②①環境放射線モニタリングにおいては、立地県のみならず隣接県でも講師（吉岡講師）と同様の考えに立つべきと思った。
- ②②過去に観測された事象がデータ付きで提供され、非常に参考になった。今後の業務に活かしたい。
- ②③食品の基準値については環境放射線モニタリングではあまり扱わないものであるなので、勉強になった。
- ②④食品の規制値や食品中の放射能濃度に関する事項について学習した。預託実効線量に対する核種の寄与等、グラフでわかりやすく示されており、非常によく理解できた。
- ②⑤演習は難易度が適切で実際の計算方法を習得することができた。
- ②⑥福島県のデータを使った演習があると良い。
- ②⑦演習の時間がもう少し取れると良い。

c) その他

- ①様々な研修のまとめとして、線量推定の研修があるのは非常に良い。
- ②分析したら、今後はきちんと評価までやっていきたい。
- ③総論で本研修で学ぶ大まかな流れがわかった。特に講師毎の説明内容についての表が参考となった。
- ④講義は時間が足りない部分があったため、研修期間を長くするか、別に新たな講演会(研修としない)を設定してもらいたい。
- ⑤人体影響の講座を線量評価と分けずに実施してほしい。
- ⑥ずっと部屋での座学なので、実習があったら良い。
- ⑦受講者用のPCにパワーポイントが入っていると助かる。
- ⑧被ばくの線量推定方法だけでなく、評価を行うために必要な大気等物質の挙動や、事故時のモニタリング等の知識を得ることができ、今後役立つことができそうだ。
- ⑨■■■■先生の講義内容が、各都道府県のモニタリングにもっともピントがあっている。できれば、コマを拡張してほしい。
- ⑩大学入試などイベント時の研修開催は避けた方が良い。

2.2.18 放射能調査概論

(1) 概要

福島原子力発電所事故後における放射能調査及び体制の現状を把握するとともに、今後の在り方について考えることを目的として実施した。

(2)カリキュラム

日時 平成27年2月5日(木) 9:30~16:30

場所 公益財団法人日本分析センター(千葉本部)

カリキュラム

9:30~9:45 開講挨拶

第I部 福島第一原子力発電所事故以降の環境放射線モニタリングの現状

9:45~10:45 ①福島県の放射能調査の現状

福島県

11:00~12:00 ②日本分析センターにおける、福島第一原子力発電所事故後の放射性物質の分布状況等に関する調査研究

日本分析センター

第II部 今後のモニタリング体制等について

13:00~14:00 ③環境放射線モニタリングにおける精度管理について

日本分析センター

14:15~14:45 ④分析機関の取組とこれからのモニタリング体制について
その1 宮城県における取組と現状

宮城県

14:45~15:15 ⑤分析機関の取組とこれからのモニタリング体制について
その2 福岡県における取組と現状

福岡県

15:30~16:15 ⑥意見交換「今後の環境放射能調査の在り方について」

司会進行 理事

16:15~16:30 閉講挨拶

(3)受講者

(受講者数:17名)

(北海道)
 (北海道)
 (岩手県)
 (宮城県)
 (茨城県)
 (群馬県)
 (東京都)
 (新潟県)
 (富山県)
 (石川県)

■■■■ (福井県■■■■)

■■■■ (奈良県■■■■)

■■■■ (山口県■■■■)

■■■■ (福岡県)

■■■■ (福岡県■■■■)

■■■■ (佐賀県■■■■)

■■■■ (佐賀県■■■■)

(4) 講師

■■■■ (福島県■■■■)

■■■■ (宮城県■■■■)

■■■■ (福岡県■■■■)

■■■■ (日本分析センター 理事)

■■■■ (分析関連事業部精度管理グループリーダー)

(5) 実施結果

放射能調査概論（上級管理職者対象）における意見交換「今後の環境放射能調査の在り方について」各県の参加者から頂いた意見等を以下に示す。

①環境放射能水準調査について

モニタリング結果に関する問合せは、福島原発事故後、急増した。われわれの回答の根拠は環境放射能水準調査の結果しかなく、環境放射能水準調査は重要である。日常食は直接、線量評価につながるため、環境放射能水準調査で再開する必要がある。

環境放射能水準調査の全β測定は、各県に福島の事故後、複数のゲルマニウム半導体検出器が設置されており、ガンマ線測定にしたほうが良い。

②モニタリング指針について

「モニタリング指針」を根拠に備品等を整備するので、原子力規制委員会に早急に「モニタリング指針」を作成してもらいたい。

③各県の職員について

人事異動にともなう分析業務の引き継ぎは、わずか半日程度となることが多い。また、原子力センター等の職員が減少してきている。

⇒当センターの研修を、最大限利用して頂きたい。

④環境放射能分析研修事業について

4月の人事異動にあわせ、当センターの環境放射能分析研修事業を、4月から開講してほしいとの意見が多くあった。

⑤県が開催する委員会について

福島の影響であることの根拠説明に苦勞している。

⇒放射線量が高くなっている時期が、福島の事故で放射性物質が飛来した時と一致していることを、説明すると良い。

⑥情報共有について

各県での分析担当者間でメールのやりとりにより、分析に関する情報を共有できると良い。

⇒毎年3月に開催する放射線監視結果収集調査検討会で、分析に関する情報を共有して頂くとともに、当センターの担当者に、直接問合せ頂いても良い。

⑦測定器等の設置について

電子線量計を新たに設置するにあたって、モニタリング指針が作成されないとは決定できない。

⑧再稼働の現実性と新たな測定器等の設置について

再稼働の現実性がない原子力施設に対する、UPZ圏における新たな測定器等の設置は疑問である。

⑨福島の試料から標準試料を作製することについて

原発事故等で放射性物質を含む試料を、標準試料として作製すると良い。

⇒入手するのが困難である。

注)「⇒」は日本分析センターからのアドバイス等

2.3 総括

平成 26 年度は、8 月 19 日から 3 月 6 日までに 18 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 202 名に対して研修を行った（募集人数 261 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、線量測定関連講座の充実を図るため、これまでの「環境ガンマ線量率測定法」及び「環境放射線量測定法」の内容を整理し、初級者向けの「環境ガンマ線量率測定法」及び緊急時対応を含めた上級者向けの「環境ガンマ線量率測定法（上級編）」に再編成し、より効果的に線量測定技術を習得できるように準備した。さらに、これまで「ゲルマニウム半導体検出器による測定法（緊急時）」講座で関連機器として取扱を解説していた可搬型ゲルマニウム半導体検出器について、それを用いた in-situ 測定が、東日本大地震に伴う福島第一原子力発電所事故以来、汚染地域周辺の放射能濃度調査や新たなモニタリングポスト建設地の事前調査等に多く利用されていることから、「可搬型ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」講座を新たに開設した。いずれの講座も、単に機器の取扱方法の習得にとどまらず、特性試験等により各種測定器の使用方法について理解が深まったと好評であった。

また、今年度は、上級管理職者向けの「放射能調査概論-これからの放射線モニタリングの在り方を考える研修-」を開講した。用意した講演に多くの質疑応答がなされるとともに、各自治体の現状、課題、今後の方向について活発な意見交換がなされた。整備されつつある原子力災害対策指針と各自治体の取組がより良い方向で協調できるように、今後もこのような情報共有、意見交換の場を設けることは重要である。

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 UPZ 圏内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いわゆ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「入門」及び「基礎」講座を始めとして、「専門」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、今年度は、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るとともに、受講者の支援を図ることがより良い研修になると考える。

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、演習問題等をあらかじめ準備し、テキストに盛り込むようにすることによりテキストの充実を図った。

充実を図ってきたテキストを効果的に説明するために、これらを要約した説明用資料（パワーポイント資料）を作成し、受講者の理解を進めるようにした。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目的としている。

平成26年度に作成したテキスト及び説明用資料は、以下のとおりである。

①環境ガンマ線量率測定法

説明用資料作成（講義用3種、実習用1種）

②環境ガンマ線量率測定法（上級編）

説明用資料作成（講義用3種、実習用1種）

③可搬型ゲルマニウム半導体検出器による in-situ 測定法

説明用資料作成（講義用3種、実習用1種）

この他のコースのテキスト及び説明用資料については、必要に応じて記述の追加、修正等を行った。

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

本ソフトウェアは、研修効果の向上を目的として開発した視聴覚教材である。

本ソフトウェアの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画面の動画、音声による説明等を用いることにより、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操作できる。
- 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。

これまでに制作したソフトウェアを体系化し、CAI システムを構成している。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 26 年度は、CAI ソフトウェア「核種分析と放射能測定」を制作した。

環境放射線モニタリングを実施する上でターゲットとなる放射性核種と、その由来、性質に基づく分析・測定法法等を解説する画面を作成し(表「CAI システム全体構成」青字部分)、既成の学習画面を核種ごとに横断的に検索できるものとした。

今年度制作した CAI ソフトウェアの画面の抜粋を示す。

CAI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 核種分析と放射能測定
	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
専門	放射能分析	試料採取
		前処理法
		H-3 分析
		C-14 分析
		Sr-90 分析
		放射性ヨウ素分析
		α 放射体分析概論
		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 分析（迅速）
	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	積算線量 放射線量測定	
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 線スペクトル解析法、in-situ 測定法	

青字：今年度作成



基礎: 放射化学概論

核種分析(調査核種別)

はじめに

核種の起源	放射線	測定方法
人工放射性核種		
核分裂生成物	H-3 C-14 Kr-85 Sr-89 Sr-90 Zr-95 Mo-99 Ru-103 Rh-106 I-132 I-131 Te-132 I-132 Xe-133 Ce-137 Ba-140 Ce-141 Cs-144 Fr-145	
放射化生成物	H-3 C-14 N-16 Na-22 Cr-51 Mn-54 Co-58 Ni-59 Co-60 Fe-59 Nb-94 Cs-134 Cs-136 Eu-154 Np-237 Pu-238 Pu-239 Pu-240 Pu-241 Am-241 Cm-242	
核変生成物	Mn-95 (Zr-95の娘核種) Tc-99m (Mo-99の娘核種) Rh-106 (Ru-106の娘核種) I-132 (Te-132の娘核種) La-140 (Ba-140の娘核種) Ce-141 (La-141の娘核種)	
自然放射性核種		
半周期由来		
大気中で放射化	H-3 Be-7 C-14 N-16 Na-22 Ar-41	
標産物の放射化	Ni-63	
核変由来	K-40 Th-232 Th-232 U-234 U-235 U-235 U系列核種 Th系列核種	

核種の起源、放射線、測定方法で分類された核種一覧をこれらタブで選択できる。

分析化学情報
核種分析(環境核種等)
はじめに

データベース 用語-解説 検索 ヘルプ

← 前頁 次頁 → menu

核種の起源	放射線	測定方法
α線	Th-228 Th-232 U-234 U-235 U-238 No-237 Pu-238 Pu-239 Pu-240 Am-241 Ce-242 U系列核種 Th系列核種	α線スペクトロメトリ
	β線	
β線	H-3 C-14 N-16 Na-22 K-40 Ar-41 Co-60 Ni-63 Kr-85 Sr-89 Sr-90 Nb-94 Zr-95 Nb-95 Mo-99 Ru-103 Ru-106 Rh-106 I-129 I-131 I-132 Te-132 Xe-133 Cs-134 Cs-137 Ba-140 La-140 Ce-141 Ce-144 Pr-145 Eu-154 Pu-241	β線測定 βバックグラウンドβ線測定器
	γ線	γ線スペクトロメトリ
その他	Be-7 N-16 Na-22 K-40 Cr-51 Mn-54 Fe-59 Co-58 Co-60 Nb-94 Zr-95 Nb-95 Mo-99 Tc-99m Ru-103 Ru-106 Rh-106 I-129 I-131 I-132 Te-132 Ba-140 La-140 Xe-133 Cs-134 Cs-138 Cs-137 Ce-141 Ce-144 Pr-145 Eu-154 U系列核種 Th系列核種 U-235 Am-241 Ni-59	γ線スペクトロメトリ AMS ICP-MS
		Ni-63 I-129 U系列核種 No-237 Pu-238 Pu-239 Pu-240 Am-241 Ce-242

試料

- ① 大気降塵じん
- ② 地下水
- ③ 雨水
- ④ 海水
- ⑤ 土壌・海産物
- ⑥ 食品等

測定方法

- ① α線スペクトロメトリ
 - ② 標準
 - ③ 標準
- ② βバックグラウンドβ線測定器

詳細ページ 詳細ページへ移動

分析化学情報
核種分析(環境核種等)
はじめに

データベース 用語-解説 検索 ヘルプ

← 前頁 次頁 → menu

核種の起源	放射線	測定方法
α線スペクトロメトリ	Th-228 Th-232 U-234 U-235 U-238 No-237 Pu-238 Pu-239+240 Am-241 Ce-242 U系列核種 Th系列核種	α線スペクトロメトリ
β線測定	βバックグラウンド	β線測定
	GM計数管	βバックグラウンドβ線測定器
	比例計数管	βバックグラウンドβ線測定器
	液体シンチレーションカウンタ	βバックグラウンドβ線測定器
γ線スペクトロメトリ	Be-7 N-16 Na-22 K-40 Cr-51 Mn-54 Fe-59 Co-58 Co-60 Ni-59 Nb-94 Zr-95 Nb-95 Mo-99 Tc-99m Ru-103 Ru-106 Rh-106 I-131 I-132 Te-132 Ba-140 La-140 Ce-134 Ce-136 Cs-137 Ce-141 Ce-144 Pr-145 Eu-154	γ線スペクトロメトリ
質量分析	AMS	AMS
	ICP-MS	ICP-MS

試料

- ① 大気降塵じん
- ② 地下水
- ③ 雨水
- ④ 海水
- ⑤ 土壌・海産物
- ⑥ 食品等

測定方法

- ① α線スペクトロメトリ
 - ② 標準 ←
 - ③ 標準
- ② βバックグラウンドβ線測定器

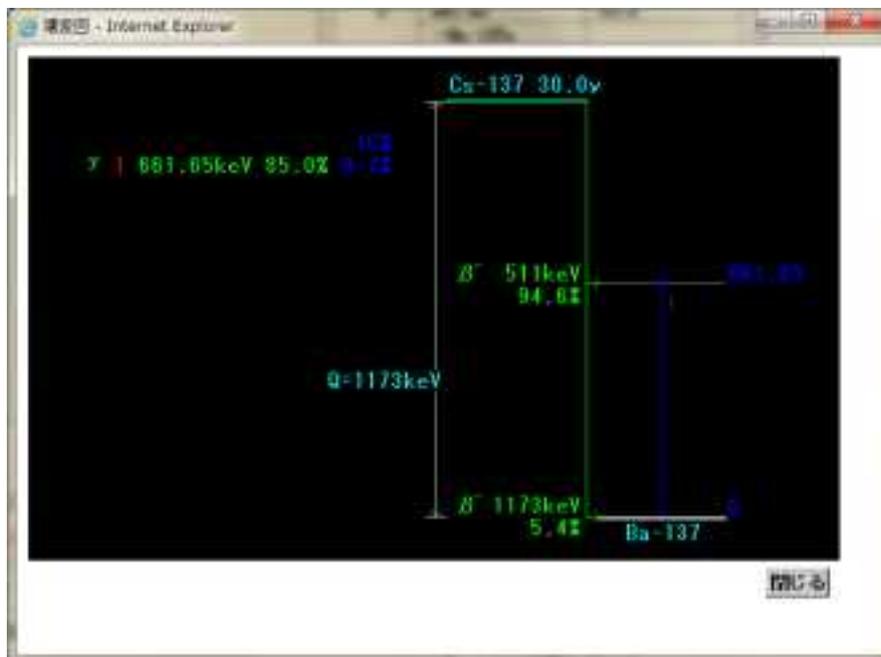
詳細ページ 詳細ページへ移動

A

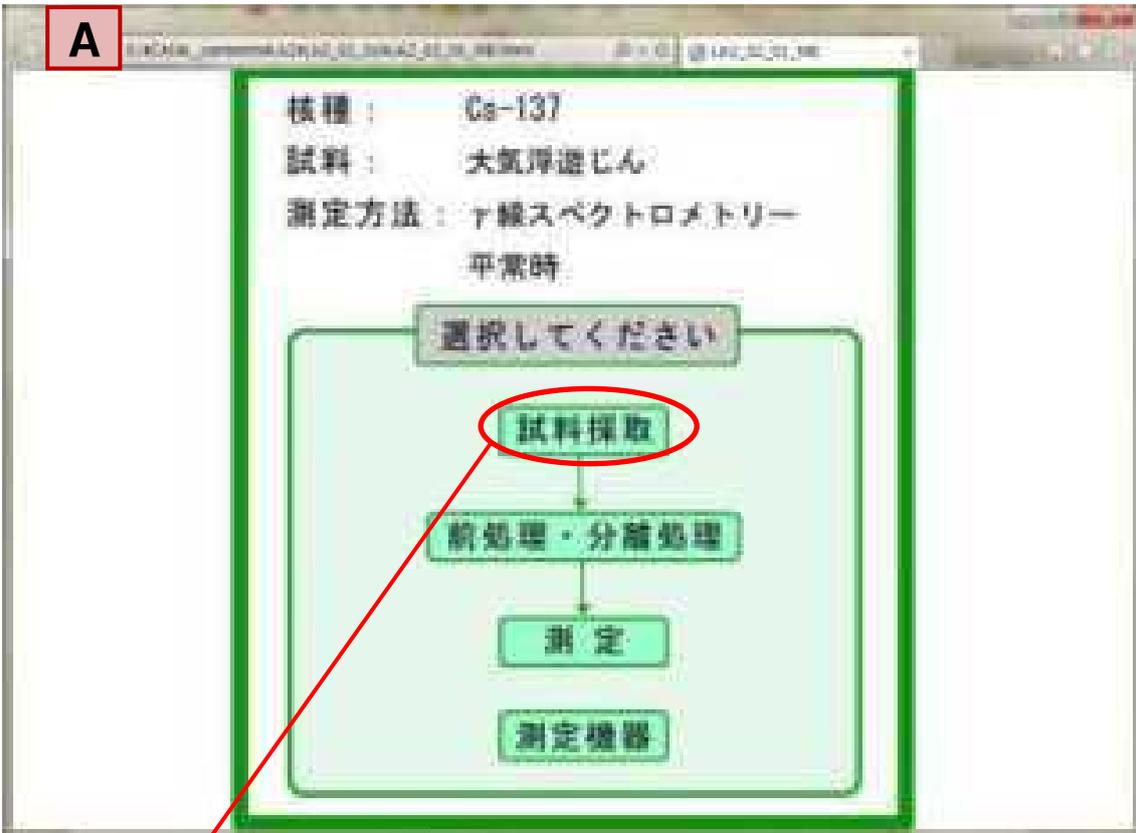
Cs-137

半減期	30.0年	
壊変形式	β^-	100%
放射線	エネルギー (KeV)	放出比 (%)
β^-	511	94.6
	1173 (Eav 187)	5.4
γ	661.65	85.0
	\rightarrow Ba-137m	
原子質量	136.90708u	
質量欠損	-86.55498MeV	
生成反応	断面積 (b)	E (MeV)
fission		

[壊変図](#)



A



大気浮遊じん 試料採取 1/1

大気浮遊じん

放射性ヨウ素の性状 | 試料採取の性状

集じん装置 | 採集材

ローリウム・エアサンプラー | ガストサンプラー

ハイボリューム・エアサンプラー | ガストモニター

※ 平常時の稼働をホップアップで見ることが出来ます

大気浮遊じん

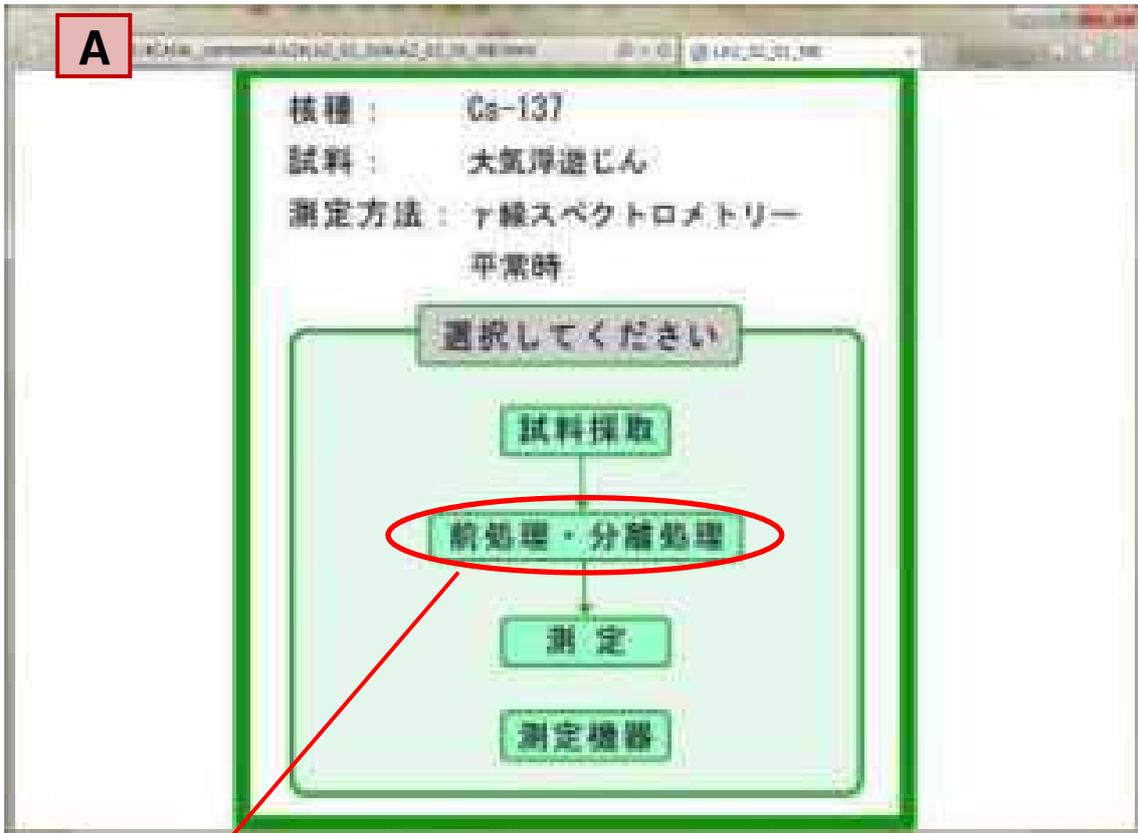
大気浮遊じんは、大気中に浮遊しているじん等と、それに伴う粒子状の放射性物質をいいます。大気中に放出された放射性物質が上空から地表に降下して来る状況をいち早く把握できる試料ですが、採取地点付近の一時的な気象変化や気象等、機々の状態による影響を受けやすいという特徴を持っています。

採取地点の選定：
集じん装置の設置は、周辺に草木や建築物がなく、また特定気象の影響を受けにくい平坦地を選びます。集じん器の設置は、風雨、積雪を取りこまないよう、屋根を付けるか下向きにし、地表からの舞い上がりの影響や積雪への懸念を避けるため、1m以上の高さに取り付けます。

採取回数：
採取量は、全放射能測定、放射化学分析、γ線スペクトロメトリーなどの目的に応じて決めます。例えば、通常、 $0.1\text{ m}^3/\text{分}$ 程度で1週間連続集じんしたものを $0.5\text{ m}^3/\text{分}$ で2時間から最大2週間集じんしたものを測定試料としています。

試料採取方法：
(1) 集じん器の作動試験を行い性能を確認した後、所定の範囲を確認する。
(2) 集じんを開始し、その時刻と開始直後の重量計の値を読み取り記録する。
(3) 集じん中、適宜な時間間隔で重量計の値を読み取る。
(4) 集じん終了の重量計の値を読み取り、終了時刻を記録し、(2)～(4)の読み取り値から全吸引量を求める。なお、精算重量計の付属している集じん器では精算重量計を読み取る。
(5) 吸引が終了した後は、捕集した浮遊じん等を適量のように所定の保存容器に納める。

A



大気浮遊じん 前処理 1/1

大気浮遊じん

①測定容器に直接詰める方法 ②打ち抜き法 ③炭化法

試料詰めに用いる用具

はきみで切って容器に詰める

詰めた試料の上の空間にポリエチレンシートや
粒状の発泡スチロール等を止めて蓋をする。

大気浮遊じん

測定対象が「ガス状物質」であるか「粒子状物質」であるかを判断して試料を採取する必要があります。

【ガス状物質】
活性炭粉末、活性炭カートリッジ等を使用しますが、密封容器以外の前処理はしません。なお、気等に使用した活性炭の量が多いものはよく混ぜること。

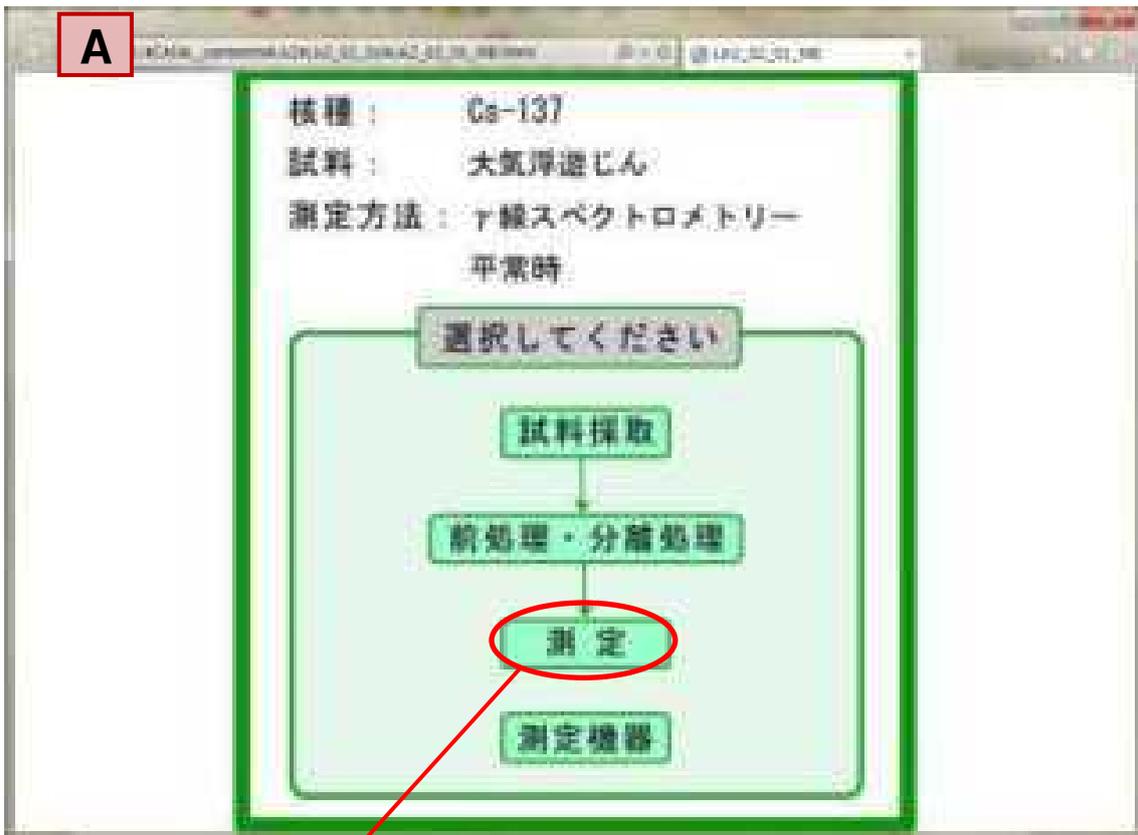
【粒子状物質】
測定容器に直接詰める方法、打ち抜き法、炭化法があります。

①測定容器に直接詰める方法
ロータリウム・エアサンプラアで測定室の大気を吸引した活性炭は、行着したじん等を落とさないように注意して測定容器に入れます。

②打ち抜き法
大型ろ紙上の浮遊じんの付着面にマシクインクなどで線を引き、粉砕部分をローラー等で打ち抜きます。打ち抜いたろ紙は、測定用ガラスダック容器に詰めます。

③炭化法
【セルロース炭等の可測ろ紙】の場合は、捕集したろ紙の付着面を材料にして割りたたき、活性炭製剤に入れた後、電気が通じて、4〜5時間炭化します。炭化後、活性炭を測定容器に詰めます。

A



測定 2/6

シングルピーク面積の計算

計算効率

L	H	T
カウント	カウント	カウント

\bar{n}_L	\bar{n}_H
カウント	カウント

B	H	\bar{n}_H
カウント	カウント	カウント

ピークの高さ 小 大
統計変動 小 大
ピーク幅幅 小 大
平均化幅 小 大

OK

シングルピーク面積の計算
計算効率法 (コーン法)

(1) ピーク幅 $(H-L)$ の積算計数値 (0次式) で計算する。

$$T = \sum_{i=L}^H n_i$$

(2) 直線のベースラインを探索して、初期面積 (B) を算出する。
ただし、LおよびHチャンネルにおいて、前後で W ($-W+1$) 個の計数値の平均を取る。

$$B = (H-L+1) (\bar{n}_H + \bar{n}_L) / 2$$

ただし、 $\bar{n}_L = \sum_{i=L-W}^{L+W} n_i / W$ $\bar{n}_H = \sum_{i=H-W}^{H+W} n_i / W$

(3) 求めるピーク積算計数値 (N = ピーク面積) とその誤差 (σ_N = 標準偏差) は次式で求められる。

$$N = T - B \quad \sigma_N = [T + (H-L+1) \cdot \dots]$$

(解説、参照)

測定 5/6

ピーク効率の算出

ピーク効率の概要

ピーク効率 ϵ

放射能 A (Bq)

ピーク計数率 n (cps)

$n = \frac{\text{ピーク面積}}{\text{測定時間}}$

$\epsilon = \frac{n}{A \cdot \mu}$

$A = \frac{n}{\epsilon \cdot \mu}$

エネルギー依存性 $\epsilon(E)$

ジオメトリ依存性 $\epsilon(x)$

自己吸収サム効果 C_s

近似の場合

ピーク効率の概要

ピーク効率は、ピークの計数率と放射能と結びつける修正係数である。
(解説、参照)

ϵ : 下記の内容を含むピーク計数効率
 μ : 検出された放射線と検出器の検出率 (割合)

○エネルギー依存性
検出器と放射線の相互作用の確率は、 γ 線エネルギーに依存するため、ピーク効率は γ 線エネルギーの関数である。
ジオメトリおよび自己吸収やサム効果の影響を受ける。

○ジオメトリ依存性
検出器 (または試料) の形状、容積および γ 線検出器のサイズなどの幾何学的条件に依存する効率。
 γ 線エネルギーおよび自己吸収やサム効果の影響を受ける。

○自己吸収・サム効果
自己吸収:
分析試料の場合、 γ 線が試料自体に吸収される。媒体の元素組成や密度およびエネルギーに依存する。
サム効果:
カスケードに放出される γ 線が同時に検出されると、ピーク効率が減少する。

○近似の場合

放射能測定

データベース 用語・用語 電源 HELP

放射能の決定その他 測定 6/6

自己吸収 サム効果 放射能減価

放射能の決定

N : ピーク面積 (カウント)
 t : 測定時間 (秒)
 ϵ : ピーク効率
 ϵ_{γ} : γ 線放出率
 f_{SA} : 自己吸収の補正項
 f_{SAM} : サム効果の補正項
 f_{μ} : 放射能減価の補正項

$$放射能 A = \frac{N / t}{\epsilon \cdot \epsilon_{\gamma}} \cdot \frac{1}{f_{SA} \cdot f_{SAM} \cdot f_{\mu}}$$

自己吸収

ピーク効率の決定法には自己吸収の補正を要するものもあるが、ピーク効率とは独立して補正することもできる。自己吸収の補正には、次の項目を決定しなければならない。

- γ 線エネルギー (E) と物質の種類 (元素構成) によって決まる質量吸収係数 (μ_a) および試料の見かけ密度 (ρ)。これらは、計算で求めることができる。
- 試料の型に依する幾何学的条件。同一試料容器を使用する各種試料の場合には、試料の厚さ (H) で代表することにする。

$\mu_a \cdot \rho$ の値があまり大きくないときには、 $f_{SA} = \exp(-\mu_a \cdot \rho \cdot H)$ という関係を使うことができる。

試料体中で γ 線が相互作用するとピーク計数率が減少する現象

質量吸収係数 μ (cm^{-1}) 0.1 0.5 1.0

試料厚 x (cm) 0 f_{SA} 0.693

A

核種 : Cs-137
試料 : 大気降塵じん
測定方法 : γ線スペクトロメトリー
平常時

選択してください

試料採取

前処理・分離処理

測定

測定機器

測定機器 1/6

γ線スペクトロメータのシステム構成

図は、γ線スペクトロメータの一般的なシステム構成の例である。γ線スペクトル測定の目的によっていろいろな構成が考えられるが、基本的にはそれらに大きな違いはない。概して、A/Dコンバータを兼ねたマルチチャンネル分析器 (MCA) をコンピュータに一体化したものが多く使われている。
(写真参照)

基礎・分析化学実践
 物理分析(環境放射線) データベース 用語・用語 電子 HELP

はじめに ◀ 前部 次部 ▶ menu

検体の測定	放射性核種	測定方法
α線スペクトロメトリ	Th-228 Th-232 U-234 U-235 U-238 No-237 Pu-238	
β線測定	Fu-239+240 Am-241 Cm-242 U系列核種 Th系列核種	
低バックグラウンド	Ce-90 Sr-89 Sr-90 Co-134 Cs-137 Ru-106 Cs-144	
GM計数管	Kr-85	
比例計数管	Xe-133	
液体シンチレーションカウンタ	H-3 C-14 Ar-41 Ni-63 Pu-241	
γ線スペクトロメトリ	Be-7 H-16 Na-22 K-40 Cr-51 Mn-54	
	Fe-59 Co-58 Co-60 Ni-59 Nb-94 Zr-95	
Ge NaI	Nb-95 Mo-99 Tc-99m Ru-103 Ru-106 Rh-106	
	I-131 I-132 Te-132 Ba-140 La-140 Cs-134	
	Ce-138 Cs-137 Co-141 Co-144 Pr-145 Eu-154	
質量分析		
AMS	Ni-63 I-129	
ICP-MS	No-237 Pu-238 Pu-239 Pu-240 Am-241 Cm-242	

**放射能測定法シリーズⅢ
放射性セシウム分析法**

測定方法

- α線スペクトロメトリ
- 低バックグラウンドβ線測定器

関連ページ



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・実習を心掛けているが、今年度は、研修受講後の放射能分析・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」(9/17～9/19, 12/17～12/19)

＜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、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してもらった。

②「放射性ストロンチウム分析法」(9/29～10/9)

＜実施方法＞当センターで調製したストロンチウム分析用の所内標準試料(灰)を配付し、放射性ストロンチウム分析を実施、分析値を報告してもらった。

③評価方法と技術支援

参加者から報告された結果は、分析測定の不確かさに基づく En 数を求めて当センターの分析・測定値との比較を行った。En 数が 1.0 以下(有効数字 2 桁)で一致したものを合格とし、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うことで、不一致の原因究明、改善を図ることとした。

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 4 名のうち、3 名の参加があった。
- ・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、当センターの測定値とよく一致していた。

(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 13 名のうち、10 名の参加があった。
- ・全員からストロンチウム-90(及び安定ストロンチウム)の報告があり、8 名は En 数 1.0 以下で当センターの分析値とよく一致し、2 名は En 数が 1.0 を超える結果となった。

②技術支援の実施状況

- 1名について、再ミルキングを提案し、実施後の結果は、En 数 1.0 以下で当センターの分析値とよく一致した。
- 1名については、化学回収率を求める操作（安定元素分析）についての検討を提案した。

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。