

平成 31 年度
原子力施設等防災対策等委託費
(放射能測定法シリーズ改訂) 事業
業務報告書

2020年 3 月

公益財団法人 日本分析センター

本報告書は、原子力規制委員会 原子力施設等防災対策等委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業における委託業務として、公益財団法人日本分析センターが実施した成果を取りまとめたものです。

目 次

1. 業務目的	1
2. 実施期間	1
3. 業務内容	1
3.1 概要	1
3.2 委員会開催	3
3.2.1 委員構成	3
3.2.2 委員会開催日と議題	4
4. 放射能測定法シリーズ改訂に係る検討事項及び結果	6
4.1 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	6
4.1.1 改訂の方向性（基本方針）	6
4.1.2 追加検討（ピーク効率変換（Efficiency Transfer））	6
4.1.3 改訂案の構成	11
4.2 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討	13
4.2.1 現状調査	13
4.2.2 福島県における緊急時モニタリングに関する現地調査報告	46
4.2.3 新規作成するマニュアル内容の検討	49
4.2.4 マニュアル作成の方向性	63
4.3 緊急時におけるストロンチウム分析法改訂案の修正	65
5. まとめ	65

参考資料 1 平成 31 年度 放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨

参考資料 2 東京電力福島第一原子力発電所事故後の環境モニタリングの実施状況

参考資料 3 放射能測定法シリーズ No16 「環境試料採取法」記載内容一覧表

参考資料 4 TECHNICAL REPORTS SERIES No.486 “Guidelines on Soil and Vegetation
Sampling for Radiological Monitoring”

別冊 1 「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」改訂案

1. 業務目的

原子力規制委員会では、環境放射能の水準を把握するための調査や、陸域、海域及び空域の各種放射線モニタリングを実施している。また、都道府県、市町村、原子力事業者及び研究機関等、様々な主体が放射線モニタリングを実施している。これらの様々な主体が適切に各種放射線モニタリングを実施するためには、標準的な分析・測定法に関するマニュアルを技術の進展に合わせた形で整備しておく必要がある。

環境放射能分野における標準的な分析・測定法マニュアルとしては、「放射能測定法シリーズ」（以下「測定法」という。）が34種作成され、平成29年3月に1種、12月に1種、平成30年3月に1種の改訂がなされたものの、制定から40年程度経過しているものも存在しており、技術的な進展の反映や東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、その内容を精査し、必要に応じ改訂を順次行う必要がある。

以上より、本業務においては、最新の知見を踏まえて測定法の改訂を行うため、改訂すべき優先順位の高いものから改訂案の作成や必要な検討を行うことを目的とする。

2. 実施期間

平成31年4月1日～令和2年3月31日

3. 業務内容

3.1 概要

本業務の内容は(1)～(5)のとおりとした。業務の実施に当たっては、専門的知見を持つ者から意見を聴取する等、技術的妥当性に留意するとともに、適宜、原子力規制庁担当官と調整を行った。(1)～(5)に共通し、以下の項目に留意した。

- ・ 以下の事業報告書を参照すること。
 - 平成26年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業報告書
 - 平成28年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業報告書
 - 平成29年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業報告書
 - 平成30年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業報告書
 - ・ 改訂の前後において、過去の測定結果との連続性を満たすこと。
 - ・ 単位系等が現在国際的に使用されているものであること。
 - ・ 記載された方法を実施するにあたり、現時点において機器の校正等に必要な線源等が入手できること。
 - ・ 測定法の記述が曖昧で測定者の裁量に委ねられている手法がないこと。
 - ・ 技術の進展が適切に反映されていること。
 - ・ 新たに実験・検証が必要な項目がある場合、その事項を一覧にするとともに、契約期間内に報告書案の作成も含めて可能と見込まれるものに限り実験・検証を実施すること。
 - ・ 関連する測定法との整合性があること。
 - ・ 原子力規制委員会の環境放射線モニタリング技術検討チームにおける検討結果を踏まえること。
- (1) 「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」の改訂案の作成

平成 30 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業において改訂の方向性について検討を行った「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」に係る検討結果及び、本年度に実施した追加検討の結果を反映させ「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」の改訂案を作成した。

(2) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討

新たに「放射能測定法シリーズ 緊急時における環境試料採取法」を作成するために必要な検討を実施した。

(3) 緊急時における放射性ストロンチウム分析法の改訂案の修正

平成 28 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業で得られた「緊急時における放射性ストロンチウム分析法の改訂案」について、放射性ストロンチウム迅速分析法（土壌及び海水）に関するドキュメントが国際原子力機関（IAEA）から正式に公表された際には、引用箇所を含めて改訂案の修正について検討を行うこととした。また、その際には、平成 28 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業の報告書に記載されている牛乳、土壌及び海水以外の環境試料について、対象試料として改訂案に盛り込むことを想定していた。

なお、本委託事業の契約期間内に IAEA から放射性ストロンチウム迅速分析法に関する正式ドキュメントが公表されなかったため、「緊急時における放射性ストロンチウム分析法の改訂案」の修正は実施しなかった。

(4) 専門的知見を持つ有識者からの意見の聴取

外部専門家や地方公共団体のモニタリング関係者等の専門的知見を持つ有識者で構成される改訂検討委員会を設置し、測定法の改訂内容の検討等を実施した。

(5) 報告書の作成

(1)～(4)の結果を取りまとめるとともに、業務報告書を作成した。

3.2 委員会開催

放射能測定法シリーズ改訂検討委員会を4回開催（うち1回はメール会合）し、実施計画、内容及び改訂案等について審議を行った。

委員及び委員会の開催状況を、3.2.1及び3.2.2に示す。

3.2.1 委員構成

放射能測定法シリーズ改訂検討委員会

（五十音順、敬称略、令和2年3月現在）

氏名	所属	役職名
(委員長) 中村尚司	東北大学	名誉教授
阿部琢也	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力科学研究所 放射線管理部 放射線計測技術課	技術副主幹
阿部幸雄	福島県環境創造センター 環境放射線センター	主幹兼次長兼総務課長兼分析・監視課長
乙坂重嘉	国立大学法人東京大学 大気海洋研究所 海洋化学部門 海洋無機化学分野	准教授
木村芳伸	青森県原子力センター 分析課	課長
三枝 純	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 廃炉国際共同研究センター 廃棄物処理処分ディビジョン 廃棄物分析技術開発グループ	研究主幹
玉柿励治	福井県原子力環境監視センター 福井分析管理室	主任研究員
長尾誠也	国立大学法人金沢大学 環日本海域環境研究センター 低レベル放射能実験施設	センター長 教授
細見健二	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部 環境監視課	チームリーダー
柚木 彰	国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門 放射能中性子標準研究グループ	上級主任研究員

3.2.2 委員会開催日と議題

第1回、第2回、第3回及び第4回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会の日時、場所、出席者及び議題を以下に示す。また、それぞれの委員会要旨については、参考資料1に示す。

第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会

- 日時 令和元年7月24日（水）9時30分～11時50分
場所 航空会館 501+502会議室
出席者 中村委員長、阿部（琢）委員、阿部（幸）委員、乙坂委員、木村委員、三枝委員、玉柿委員、細見委員、柚木委員
議題 (1) 放射能測定法シリーズ改訂事業について
(2) 実施計画、検討事項及び調査方法について
(3) その他

第2回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会

- 日時 令和元年10月7日（月）13時25分～16時10分
場所 航空会館 B101会議室
出席者 中村委員長、阿部（琢）委員、阿部（幸）委員、乙坂委員、木村委員、玉柿委員、長尾委員、細見委員、柚木委員
議題 (1) 第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
(2) 「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」の改訂素案について
(3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について
(4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会

- 日時 令和2年1月7日（火）13時25分～16時10分
場所 航空会館 B101会議室
出席者 中村委員長、阿部（琢）委員、阿部（幸）委員、乙坂委員、木村委員、三枝委員、玉柿委員、細見委員、柚木委員
議題 (1) 第2回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
(2) 「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」の改訂案について
(3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について
(4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

第4回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会

- 日時 令和2年3月4日（水）～3月11日（水）
場所 メール会合にて開催
出席者 中村委員長、阿部（琢）委員、阿部（幸）委員、乙坂委員、木村委員、三枝委員、玉柿委員、細見委員、長尾委員、柚木委員

議題

- (1) 第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
- (2) 放射能測定法シリーズ No.7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」の改訂案について
- (3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討について
- (4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

4. 放射能測定法シリーズ改訂に係る検討事項及び結果

4.1 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

4.1.1 改訂の方向性（基本方針）

平成30年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業において実施した、当該マニュアル改訂の方向性に関する検討結果を踏まえて、以下の方針により改訂案を作成した。

- ・マニュアルの対象者は、環境放射線モニタリングを行う実務担当者とする。
- ・現状使われている機器に対応した内容とする。
- ・サム効果補正方法について検証し、必要な内容を追加する。
- ・シミュレーションによるピーク効率の算出について、サム効果補正や自己吸収補正も含め検証し、必要な内容を追加する。
- ・ISO、IAEA等のマニュアル類を参考とし国際的な動向に沿った内容になるよう検討する。
- ・検出下限値については、ISO11929による評価方法を追加する。
- ・本文には基本的な原理、方法を記載することとし、詳細は解説、付録に置く構成とする。

4.1.2 追加検討（ピーク効率変換（Efficiency Transfer））

(1) 目的

Ge検出器のピーク効率をモンテカルロシミュレーション等の数値計算で求める手法が近年利用されるようになってきている。シミュレーションは有効な方法であるが、計算には検出器の形状（Ge結晶の形状、不感層の厚さ等）に関する詳細情報が必要であり、それらのパラメータによって計算結果が大きく影響を受けるという特徴がある。そのため、標準線源を全く使用せずに数値計算のみでピーク効率を算出することには実用上無理がある。標準線源を用いて実測で求めたピーク効率を再現するようにパラメータを調整すれば、シミュレーションによる計算値と実測値を数%以内で一致させることは可能であるが、長時間の計算を要する上、標準線源の利用が必須となる。

これを解決する半実験的な手法が、Efficiency Transfer（ピーク効率変換）である。

Efficiency Transferは、標準線源を実測して得られたピーク効率を、別のジオメトリでのピーク効率に変換する方法である。ピーク効率を変換する手法自体は古くから利用されてきたが、換算計算にモンテカルロシミュレーション等を用いることで、サム効果、自己吸収の寄与を含めた評価が可能となった。さらに、ピーク効率換算の際には同一検出器の2つの異なるジオメトリでの計算結果の比をとるが、その際に検出器に依存する情報（不感層の厚さ等）の多くが相殺されるため、検出器固有の情報への依存度が低下し、計算量も極めて少なくて済むという利点がある。

(2) 検討方法

ソフトウェアEFFTRANを用いて以下の検討を実施した。¹

- ① 検出器内部のジオメトリ（結晶サイズ、不感層の厚さ等）が計算結果に及ぼす影響

¹ Vidmar, T. 2005. EFFTRAN - a Monte Carlo efficiency transfer code for gamma-ray spectrometry. Nuclear Instruments and Methods A 550, 603-608.

検出器の内部ジオメトリとして、事前にモンテカルロシミュレーションを元に調整したジオメトリ（EGS5 を用い、標準線源による実測のピーク効率を再現するようにパラメータを調整したもの）と、検出器製造者から提供されたジオメトリ情報を用いてそれぞれ EFFTRAN でピーク効率の換算を行い、求めたピーク効率を充填高さの異なる試料の解析に使用して結果を比較した。

② 異なるジオメトリの試料への適用

U-8 容器の標準混合線源 6 種から作成した従来手法によるピーク効率と、標準線源 1 種のみで求めたピーク効率を EFFTRAN により変換して求めたピーク効率を、充填高の異なる寒天試料の解析に適用し、結果を比較した。

③ 実試料への適用

2016 年 IAEA ALMERA の QC 試料の解析に適用し、得られた結果を target value と比較した。

(3) 結果

① 検出器内部のジオメトリが計算結果に及ぼす影響

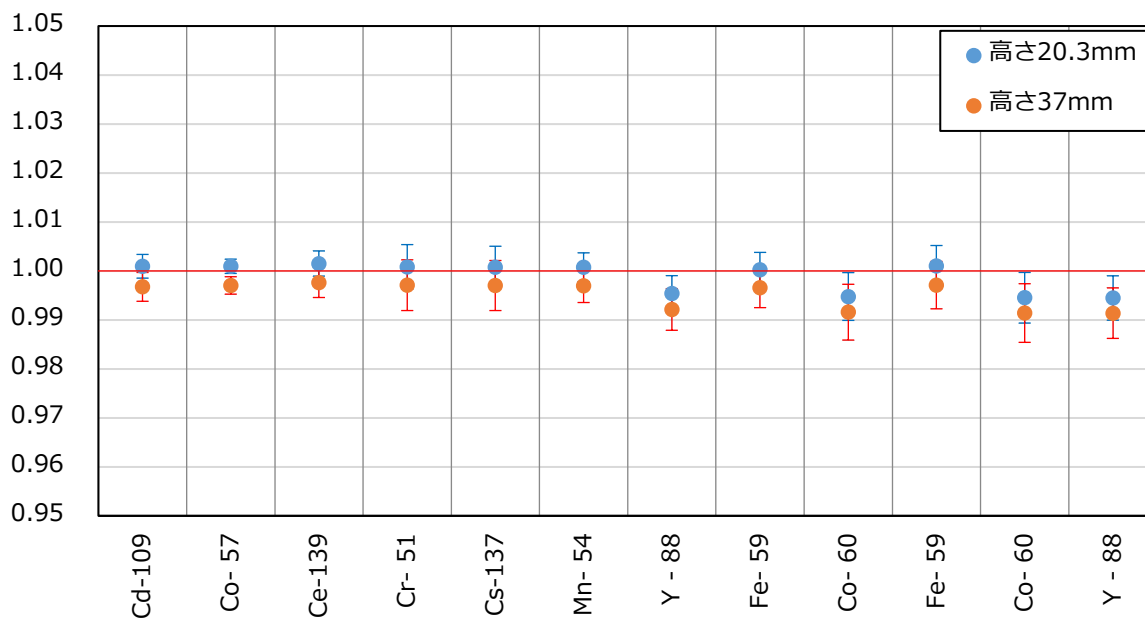


図 4.1.1 検出器内部のジオメトリの違いによる解析結果の比
(調整済みジオメトリ/検出器製造者提供のジオメトリ)

両者の解析結果は1%以内で一致しており、検出器内部のジオメトリの細かな差異については結果に影響を及ぼさないことが確認できた。この結果より、EFFTRAN を用いた Efficiency transfer の計算において、検出器製造者提供のジオメトリをそのまま使用しても実用上は問題ないと考えられる。

②異なるジオメトリの試料への適用

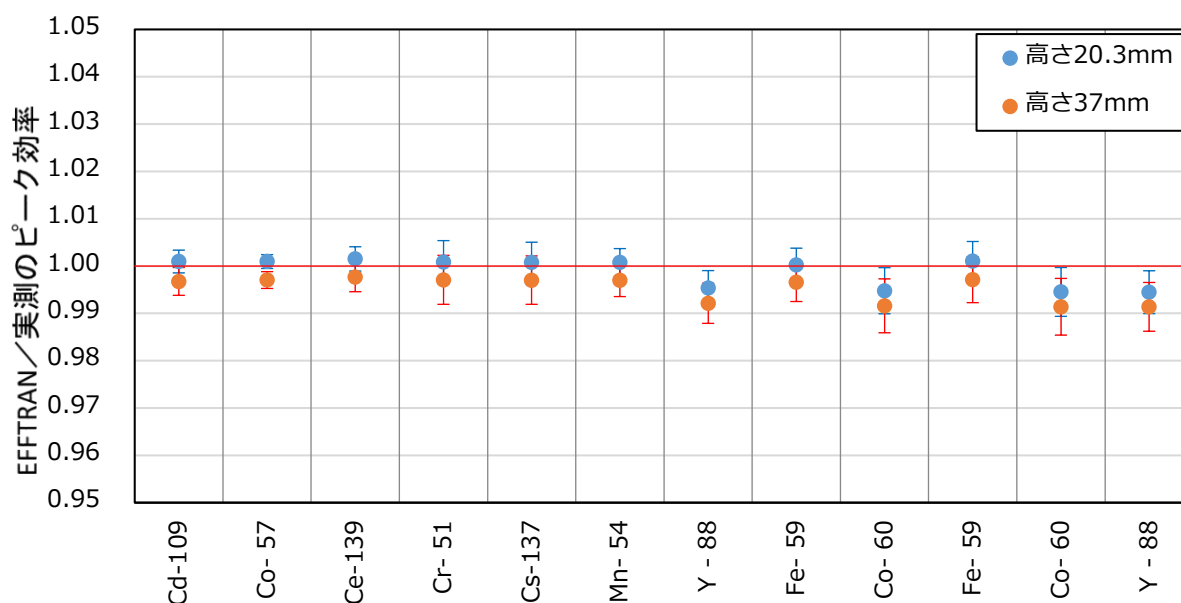


図 4. 1. 2 異なるジオメトリの試料への適用

(EFFTRAN による解析結果と、従来法による解析結果の比較)

Cd-109, Co-57, Ce-139, Cr-51, Cs-137, Mn-54, Y-88, Fe-59, Co-60 を添加した試料 (U-8 容器、充填高さ 9mm, 28.4mm, 47.6mm) を測定した γ 線スペクトルを、従来法によるピーク効率 (充填高さの異なる U-8 容積線源セットで求めたもの) と、EFFTRAN で求めたピーク効率 (基準となるピーク効率を標準線源 (材質: アルミナ、充填高 30mm) で求め、それを寒天試料のピーク効率に変換したもの) でそれぞれ解析し、各核種の放射能値を求めて結果を比較した。

EFFTRAN による解析結果は、従来法によるピーク効率を用いた解析結果と 2%以内で一致しており、ピーク効率の変換が問題なく行われていた。

③実試料への適用

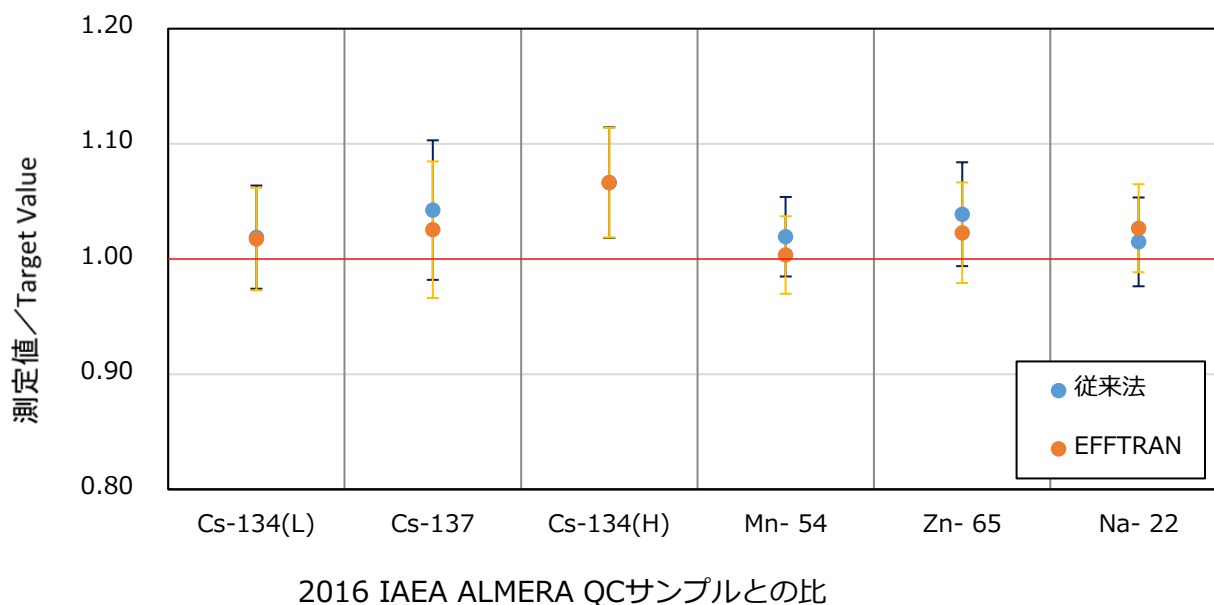


図 4. 1. 3 EFFTRAN によって求めたピーク効率で、IAEA ALMERA QC サンプルを解析した結果（測定値 / 付与値）

各核種の解析結果は、付与値とよく一致していた。

以上の結果より、EFFTRAN により、単一の線源の実測ピーク効率を、異なる形状・材質の試料に対するピーク効率に変換できることを確認できた。

なお、Efficiency Transfer を行うことができるソフトウェアは複数存在し、EFFTRAN はその一つである。手法としての Efficiency Transfer の妥当性の確認は複数のソフトウェアを用いて行われており²、確立された手法として欧米では広く利用されている。

(4) 改訂案への記載

本検討で得られた結果の一部については、測定法の改訂案である別冊 1「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」の解説 A「ピーク効率変換 (Efficiency Transfer)」に収録した。

² T.Vidmar et al. Testing efficiency transfer codes for equivalence. Applied Radiation and Isotopes 68(2010) 355-359

4.1.3 改訂案の構成

検討結果を踏まえ、マニュアル改訂案（別冊1「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」）を作成した。構成と各章の内容は以下のとおりである。

<本文>

第1章 序論

本マニュアルの位置づけと制定、改訂の経緯を記述した。

第2章 用語の解説

本文中で使用している専門用語の解説を掲載した。

第3章 γ 線測定の基本原則

γ 線スペクトロメトリーの基本について記載した。

第4章 測定機器

測定機器の構成と使用上の注意事項等について記載した。

（現状使われている機器に合わせた内容とした。）

第5章 検出器の校正

γ 線スペクトル解析を行う上で必須となるエネルギー校正、ピーク効率校正について記載した。なお、特定の機器やソフトウェアに依存する記述は避け、一般的な内容とした。

第6章 核データ

γ 線スペクトル解析に使用する核データの選択及び使用上の注意事項を記載した。

第7章 測定・解析手順

実際の試料を測定して分析結果を得るまでの一連の手順について記載した。

第8章 検出下限値

平成4年度改訂版マニュアルで用いられてきた Cooper 法に加え、ISO11929 による検出下限値を記載した。

第9章 分析結果の質の保証

分析結果のトレーサビリティ、妥当性確認を含む精度管理について記載した。

<解説>

本文を補足する技術的事項について記載

A ピーク効率変換 (Efficiency Transfer)

標準線源の実測で得られたピーク効率を、異なる形状、材質を持つ試料のピーク効率に変換する手法について解説した。

B 測定試料の調製方法

γ 線スペクトル測定のための測定試料調製の具体的手順を記載した。

C γ 線スペクトロメトリーにおける不確かさの評価

不確かさの評価方法について具体例を示して記載した。

D 検出下限値の計算例

Cooper 法と ISO11929 による検出下限値の計算方法を、具体的な計算例を例示して解説した。

<資料>

その他の技術資料

- 1 γ 線スペクトル解析で用いられる計算手法
平成4年版マニュアルに記載されており、現在市販されている γ 線スペクトル解析プログラムで用いられている計算手法を記載した。
- 2 測定容器内における試料の不均一分布の影響（U-8 容器の例）
測定時に用いる容器内で測定試料が均一に分布していない場合に解析結果が受ける影響について、シミュレーションで評価した結果を記載した。
- 3 サム効果補正に用いるピーク・トータル比の改良の検討
容積試料のサム効果補正を行うために用いられるピーク・トータル比を改良する検討を、モンテカルロシミュレーションを用いて実施した。
- 4 スペクトル例
バックグラウンド、様々な環境試料の γ 線スペクトルの実例を、宇宙線による核反応の結果生ずるピーク等の情報も含めた形で示した。
- 5 核データ表
環境放射能モニタリングで必要となる核データを一覧表として掲載した。

4.2 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討

4.2.1 現状調査

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下「東電事故」という。）後に実施された環境モニタリング時の環境試料の測定データ及び関連データを調査した。どのタイミング、どのような試料、どのような線量レベルで採取作業を行ったか、緊急時において環境試料を採取した状況、情報を収集した。

また、国内外での事故時の採取方法やマニュアル、文献等を調査し、環境試料採取法に関する情報を収集した。

4.2.1.1 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト

(1) はじめに

日本原子力研究開発機構は、東電事故後に国、地方自治体、電力会社等さまざまな組織が実施した放射性物質のモニタリング調査の蓄積・分析データをまとめ、インターネット上で放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト（以下「情報公開サイト」という。）として公開している。（<https://emdb.jaea.go.jp/emdb/>）モニタリング結果は調査ごとに集約した上で対象試料ごとに分類されており、KML、XML、CSVなどの複数の形式でダウンロードして活用することができるようになっている。

The screenshot shows the homepage of the 'Radioactive Substance Monitoring Data Information Disclosure Site'. At the top, there is the JAEA logo and a search bar. Below the logo, the site's title '放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト' is displayed. A brief introduction follows, explaining the site's purpose. The main content area is divided into two columns. The left column is titled '放射性物質モニタリングデータ' and contains two sub-sections: '空間線量率' (Air Dose Rate) and '土壌の状況' (Soil Status). The right column contains two buttons: '初めてご利用される方へ' (For first-time users) and 'マッピングツール' (Mapping Tool). Below these buttons is a '更新履歴' (Update History) section with a '一覧を見る' (View List) button. The update history lists several updates from 2018 to 2019, including the addition of new data and the update of existing data.

図 4.2.1.1-1 データベースの概要

今回の調査においては、公開されているモニタリングデータのうち、新規マニュアルにおいて対象試料候補となっている土壌、陸水、食物、大気（降下物）、海域（海水及び海底土等）を対象としてデータの収集を行った。

(2) 方法

情報公開サイトから得られたモニタリング結果を対象試料ごとに、調査概要、実施機関、実施期間及び対象核種などについて、表 4.2.1.1-1 のように整理した。詳細については参考資料 2 を参照のこと。

まとめた内容は以下のとおりである。

- ・ 平成 23 年度試料数：平成 23 年 3 月～平成 24 年 3 月に調査された試料数を示した。

- ・ 主要核種：調査対象の放射性核種のうち、主要核種を記載した。
- ・ 単位・最大値・最小値：平成 23 年 3 月～平成 24 年 3 月の期間においての主要核種の最大値、最小値とその単位を示した。ND は検出下限値以下を示した。
- ・ GPS：GPS を用いた採取地点の緯度経度データがある調査に○印を付した。
- ・ MAP：地図上に測定値等をプロットしたデータがある調査に○印を付した。なお、地図上での表記様式は各調査により異なる。
- ・ 空間線量：空間線量の測定データがある調査に○印を付した。
- ・ I-131～その他の核種：該当する核種の測定データがある調査に○印を付した。
- ・ 平成 23 年 3 月～平成 24 年 3 月：該当する年月に測定データがある調査に○印を付した。

表 4.2.1.1-1 東京電力福島第一原子力発電所事故後に環境モニタリングの実施状況(その1)

No	調査タイトル	概要	実施機関	実施期間	H23年度 試料数	主要核種	単位	最小値	最大値
1	土壌モニタリングの測定結果	本データは原子力規制庁が運営する放射線モニタリング情報ポータルサイトにおいて公開されている。ダストサンプリング、環境試料及び土壌モニタリング実施結果をもとに作成した。土壌モニタリングの測定は平成23年3月～平成29年10月にかけて実施された。	文部科学省 原子力規制庁	H23.3 - H29.10	1777	Cs137	Bq/kg	3.90E+01	4.30E+05
						I131	ND	7.40+E05	
2	環境試料モニタリングの測定結果	本データは原子力規制庁が運営する放射線モニタリング情報ポータルサイトにおいて公開されている。ダストサンプリング、環境試料及び土壌モニタリング実施結果をもとに作成した。環境試料モニタリングの測定は平成23年3月～平成28年9月にかけて実施された。	文部科学省 原子力規制庁	H23.3 - H28.9	3194	Cs137	Bq/kg	ND	2.90E+06
						I131	ND	2.50E+06	
3	環境放射線土壌モニタリング実施結果 福島県学校等	本データは原子力規制庁が運営する放射線モニタリング情報ポータルサイトにおいて公開されている。福島県学校など環境放射線ダスト・土壌モニタリング実施結果のうち、土壌モニタリングの実施結果をもとに作成した。土壌試料の採取及び、空間線量率の測定は福島県内の学校において平成23年4月5日～6日に行われたものである。	福島県	H23.4 -	20	Cs137	Bq/kg	ND	1.60E+04
						I131	ND	3.00+E04	
4	東京電力株式会社 福島第一原子力発電所の20km圏内の 土壌中放射性物質濃度測定結果	本データは原子力規制庁が運営する放射線モニタリング情報ポータルサイトにおいて公開されている。東京電力株式会社福島第一原子力発電所20 km圏内の測定結果(土壌など)のうち、土壌中放射性物質濃度の測定結果をもとに作成した。測定は平成23年4月より現在まで継続的に実施されている。	文部科学省	H23.4 - H28.1	14	Cs137	Bq/kg	ND	3.80E+05
						I131	ND	1.00+E06	
5	放射性物質の分布状況等調査による ヨウ素の放射能濃度分析	本データは、ヨウ素129とヨウ素131の沈着量の相関があるかを調べ、この相関関係を基に、ヨウ素129の沈着量からヨウ素131の沈着量を推定することができるか検討することを目的として作成された。	文部科学省 原子力規制庁	H23年度 - H25年度	82	Cs137	Bq/m ²	9.30E+03	5.70E+06
						I129	7.20E-04	5.00E+01	
						I131	6.70E+00	2.70E+04	
6	放射性物質の分布状況等調査による プルトニウムの分析結果	文部科学省、原子力規制庁による放射性物質の分布状況等調査において、平成23年度から平成25年度にかけて実施された、プルトニウムの沈着量の測定結果を基に作成した。	文部科学省 原子力規制庁	H23年度 - H25年度	62	Pu238	Bq/kg	ND	1.10E+01
						Sr89	ND	1.70E+02	
7	東日本で採取された土壌試料の ストロンチウム89,90の分析結果	本データは、文部科学省による「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」において行われた、ストロンチウム89、ストロンチウム90の沈着量の測定結果を基に作成した。	文部科学省	H23.6 -	63	Sr90	Bq/m ²	ND	1.30E+02
						Sr89	ND	1.70E+02	

(3) 調査結果

平成 23 年度（平成 23 年 3 月を含む）から平成 30 年度までの試料分類ごとの調査試料数を表 4.2.1.1-2 に示す。なお、平成 29 年度及び平成 30 年度データは抽出できたもののみを記載している。

表 4.2.1.1-2 カテゴリ別の調査データ数

分類	調査件数	試料数								総数
		H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	
土壌	17	7733	953	709	238	153	104	5	0	9895
陸水	16	382	3262	4354	4237	4878	2094	0	0	19207
食物	11	39984	37675	41766	47289	41525	39592	37540	0	285371
大気	8	14560	1047	930	238	235	187	84	0	17281
海域	26	9539	3264	5828	5970	14324	10155	3021	122	52101
合計	78	72198	46201	49233	53735	56237	52132	40650	122	383855

表 4.2.1.1-2 より、土壌試料及び大気試料は比較的早い段階で行われており、その後、年度が進むにつれて減少していることが分かった。陸水試料や食物試料、海域試料は年度ごとの増減は見られるものの、継続的な調査が行われていることが分かった。食物試料は他の分類と比較すると、試料数が多く、試料総数で見ると、全体の大部分を占めている。

以下に、東電事故が発生した平成 23 年度に行われた試料数や主な核種の測定結果について、試料分類ごとにまとめた。

①土壌試料

17 件のモニタリング調査情報を収集した。調査主体は文部科学省単独が 7 件、文部科学省と原子力規制庁の併記が 6 件、福島県が 4 件であり、調査の内訳は土壌・環境分析が 12 件、深度分布調査が 5 件であった。平成 23 年度の試料総数は 7733 データであった。Cs-137 を主な対象核種とした調査が多数であった。他に、Sr-90、Pu-238、Pu-239+240 を対象核種とした調査が実施された。測定結果の単位としては、平常時に広く用いられている放射能濃度 Bq/kg、沈着量 Bq/m² で報告されている調査が見受けられた。Cs-137 を対象核種とした調査が 14 件あり、平成 23 年度における放射能濃度の最大値は 2.90×10^6 Bq/kg、最小は ND であった。沈着量の最大値は 1.50×10^7 Bq/m²、最小値は 5.90×10^2 Bq/m² であった。また、ほぼ全ての調査で GPS による位置情報が活用されており、測定値と地図上での位置を照らし合わせて確認することができる。土壌・環境分析は事故直後の平成 23 年 3 月から調査が始まっており、平成 23 年内の調査が多いが、その後も継続して平成 28 年度まで定期的にも実施されていた。一方、深度分布調査は最も早い調査でも平成 23 年 6 月開始と、開始時期に多少の違いが見られた。

②陸水（河川、湖沼等）

16 件のモニタリング調査情報を収集した。調査主体は福島環境安全センターが 4 件、文部科学省、原子力規制庁の連名が 4 件、文部科学省が 3 件、環境省が 4 件、水産研究・教育機構が 1 件であり、調査の内訳は河川、湖沼、森林内樹幹流等が 14 件、陸水の水生生物が 2 件であった。平成 23 年度の試料総数は 382 データであった。Cs-137 を対象核種として取り上げた調査が 14 件あり、平成 23 年度における最大値は 4.90×10^4 Bq/kg、最小は ND であった。土壌試料同様、ほぼ全ての調査で GPS による位置情報が活用されており、測定値と地図上で

の位置を照らし合わせて確認することができるようになっている。河川、湖沼、森林内樹幹流等は最も早い調査で平成 23 年 6 月に開始されていた。同じ河川、湖沼、森林内樹幹流等のカテゴリ内であっても、空間線量の調査は平成 24 年 12 月からの開始であり、対象による違いが見られた。陸水の水生生物は平成 23 年 12 月から開始されており、平成 28 年 12 月まで行われていた。

③食物（水産物、農産物等）

11 件のモニタリング調査情報を収集した。調査主体は福島県が 3 件、茨城県が 2 件、水産庁、農林水産省、原子力規制庁、文部科学省、厚生労働省、福島県漁業協同組合が各 1 件であった。調査の内訳は飲料水が 5 件、食品が 2 件、水産物が 2 件、農産物、野生鳥獣肉が各 1 件となっている。平成 23 年度の試料総数は 39984 データであった。このうち、環境放射能水準調査結果（上水（蛇口））が約 13000 データ、福島県の品目別の検査結果が約 20000 データであり、全体の大きな割合を占めていた。食品中の放射性セシウムという観点から、Cs-134 と Cs-137 の合計値としている調査が見られた。また、測定機器としては、ゲルマニウム半導体検出器だけでなく、NaI シンチレーションスペクトロメータも用いられていた。I-131 や Cs-137 を対象としており、平成 23 年度における Cs-137 の最大値は 6.10×10^4 Bq/kg、最小値は ND であった。試験操業漁獲物や収穫米等の一部を除き、東電事故直後の平成 23 年 3 月から継続して実施されていた。

④大気試料（降下物）

8 件のモニタリング調査情報を収集した。調査主体は福島県が 3 件、文部科学省と原子力規制庁の連名が 2 件、原子力規制庁単独が 1 件、経済産業省、電気事業連合会が各 1 件であった。調査の内訳はダスト試料（降下物を含む）が 6 件、モニタリングポスト（ダストモニター）、降水が各 1 件であり、平成 23 年度の試料総数は 14560 データであった。このうち、環境放射能水準調査結果（定時降下物）が 13023 データであり全体の大部分を占めていた。月間降下物は東電事故以前から継続して実施されており、その他に、東電事故直後の平成 23 年 3 月からは定時降下物が実施されていた。定時降下物の全国的な調査は平成 23 年 12 月まで実施されていた。福島県においては、平成 23 年 12 月から平成 28 年 3 月まで定時降下物が実施されていた。測定単位は降下物が面積あたりの放射能 (MBq/km² 等) であり、ダストサンプリングが体積あたりの放射能 (Bq/cm³ 等) であった。モニタリングポストを含むダストサンプリングにおいて I-131 を対象核種とした調査が 6 件あった。

⑤海域（海水、海底土等）

26 件のモニタリング調査情報を収集した。調査主体は、文部科学省が 6 件、環境省が 5 件、福島県が 4 件、原子力規制庁、東京電力が各 3 件、福島環境安全センターが 2 件、海上保安庁、気象庁気象研究所、水産庁が各 1 件であり、調査の内訳は海水が 13 件、海底土が 9 件、海域の水生生物が 2 件、海上の塵と海上の空間線量が各 1 件であった。平成 23 年度の試料総数は 9539 データであった。海水試料は全ての調査で Cs-137 を対象核種として取り上げており、平成 23 年度における Cs-137 の最大値は 6.80×10^4 Bq/L、最小は ND であった。また、I-131 を対象核種とした調査が 5 件あった。海底土試料も全ての調査で Cs-137 を対象核種とし

て取り上げており、平成 23 年における Cs-137 の最大値は 9.60×10^3 Bq/kg、最小は ND であった。また、I-131 を対象核種とした調査が 3 件あった。水生生物を除く全ての調査で GPS による位置情報が活用されており、測定値と地図上での位置を照らし合わせて確認することができる。海水は東電事故直後の平成 23 年 3 月から継続して実施されていた。海底土も平成 23 年 4 月頃の比較的早い時期から実施されていた。一方で、水生生物は早いものでも平成 24 年 1 月からと開始時期に違いが見られた。また、同じ海底土試料であっても、研究目的の強い調査（柱状採泥や長期的動態等）は平成 25 年度の後半に開始されている等、目的によって調査の開始時期が異なっていた。

4.2.1.2 食品中の放射性物質検査データ

(1) 方法

東電事故後に、農畜産物等に対しては、平成 23 年 3 月 17 日に食品衛生法に基づく放射性物質の暫定規制値を設定して、放射能物質の検査が実施された。原子力災害対策本部において「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方」（以下「ガイドライン」という。）がとりまとめられ、対象自治体、対象品目が定められ、品目ごとに、検査の内容が決定された。また、事故の経過とともに、対象品目や検査内容等が見直されている。

東電事故後に自治体等が実施した食品に関する放射能調査結果を公表している国立保健医療科学院の「食品中の放射性物質検査データ」（<http://www.radioactivity-db.info/Default.aspx>）を参照した。なお、一部の試料については、農林水産省のウェブページを検索し、結果をとりまとめた。

食品中の放射性物質検査データ(Database of radioactive substances in food)

[ホーム](#) |
 [産地から探す](#) |
 [品目から探す](#) |
 [詳細検索](#) |
 [出荷制限情報](#)

本サイトについて

本サイトは、厚生労働省が公表した食品中の放射性物質の検査結果に基づき、検査結果の検索を可能としたものです。検査結果については、随時追加を行っていますが、必ずしも最新のデータが反映されていない場合があります。また、報道発表資料に無い情報は「-」と表記しています。データは細心の注意を払って処理していますが、[厚生労働省のホームページ](#)(※)でも確認願います。

食品中の放射性物質に関する現行の基準値は、放射性セシウム(セシウム134及びセシウム137の和)について、以下のとおりです。

食品群	基準値(Bq/kg)
飲料水	10
牛乳	50
一般食品	100
乳児用食品	50

上記の基準値は平成24年4月1日より施行されたものであり、それ以前の品目には暫定規制値が適用されます。また、一部の品目には経過措置が設定されています。

詳細については、[厚生労働省ホームページ](#)(※)で確認してください。

※英語版: http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index_food.html

以上をご理解の上、下記のメニューから検査データをご覧ください。

- 産地から探す

 産地の都道府県、市区町村を指定して検査データを閲覧します。
- 品目から探す

 食品のカテゴリ、品目を指定して検査データを閲覧します。
- 詳細条件を指定して探す

 産地、品目、採取日、公開日を指定して検査データを閲覧します。
- 出荷制限の情報を見る

 出荷制限の情報を閲覧します。

図 4.2.1.2-1 「食品中の放射性物質検査データ」 ウェブページ

(2) 調査結果

平成 23 年 3 月から平成 24 年 4 月までの月別検査データ数を表 4.2.1.2-1 及び図 4.2.1.2-2 に示す。

表 4.2.1.2-1 食品等の放射性物質検査の実施試料数の推移

カテゴリ	H23.3	H23.4	H23.5	H23.6	H23.7	H23.8	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2	H24.3	総数
肉・卵	32	63	51	47	500	3414	5219	10910	13926	14581	10842	11385	11090	82060
野菜類	620	1177	1237	1088	1133	1644	1896	2554	1993	1167	1244	1487	1513	18753
水産物	24	178	249	355	393	504	861	1133	1062	770	929	1320	1572	9350
穀類	0	0	0	79	318	902	2278	997	526	89	34	27	22	5272
その他	3	2	175	117	76	100	415	1578	817	572	497	551	364	5267
乳・乳製品	159	128	137	121	125	179	165	244	245	289	307	360	312	2771
野生鳥獣肉	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	6	8
合計	838	1548	1849	1807	2545	6743	10834	17417	18569	17469	13853	15130	14879	

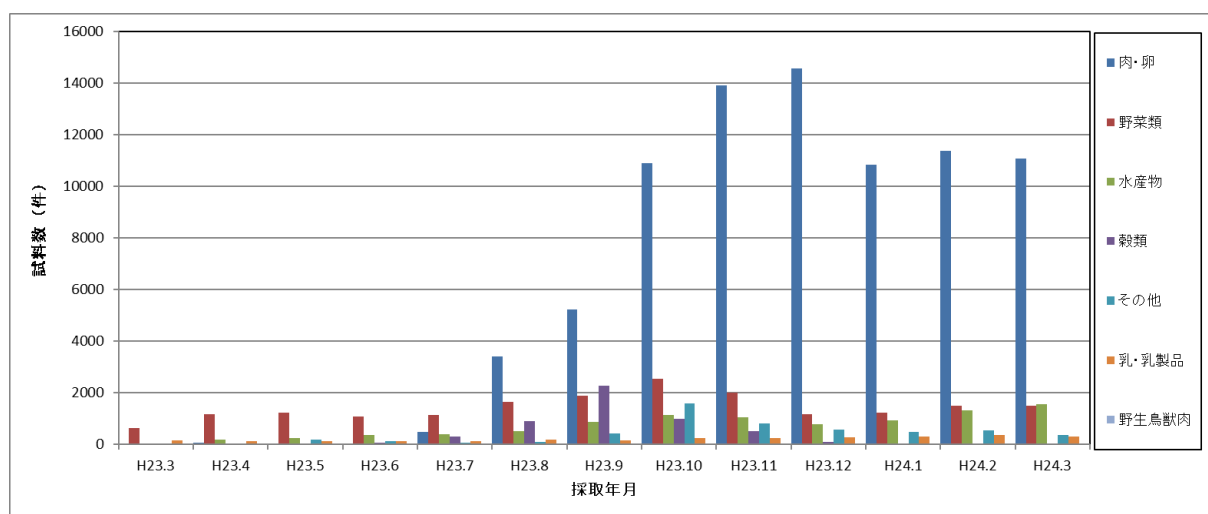


図 4.2.1.2-2 食品等の放射性物質検査の実施試料数の推移

平成 23 年 3 月から平成 24 年 3 月までの全体的な状況として、東電事故直後は月 1000 件程度で野菜類を中心に検査が行われており、平成 23 年 8 月頃より肉・卵の検査データ数が急増した。穀類については、収穫時期の平成 23 年 9 月前後に検体数が多くなっていた。

食品のカテゴリ別の検査状況について、表 4.2.1.2-2 に示す。

野菜類においては、東電事故直後の平成 23 年 3 月、4 月に採取された試料では、ホウレンソウ、コマツナ等の非結球性葉菜類の検査データ数が多く見られた。試料の採取時期であったこと、非結球性葉菜類は放射能物質が付着しやすいことから¹⁾、出荷制限を判断するため、これらの野菜類が多く検査されたと思われた。穀類においては、収穫時期の関係で麦類が 6 月から 8 月、米で 8 月から 10 月に検体数が多くなっていた。キノコ類に関しては、9 月に野生きのこの出荷制限が出されたため、検体数の増加が見られた。

肉類については、平成 23 年 7 月に牛肉から暫定基準値を上回る放射性セシウムが検出された¹⁾ことを受け、平成 23 年 8 月以降に牛肉の検体数が急増し、全頭検査を行っているため、毎月 10000 件を超える検査が行われていた。

また、長期的な検体数の状況を調査するため、平成 24 年 4 月から平成 25 年 3 月まで検索範囲を広げて調査し、その結果を表 4.2.1.2-3 にまとめた。なお、本情報公開サイトでは、

平成 23 年度と平成 24 年度以降では食品カテゴリーの区分方法が異なっているため、共通化して集計した。

ガイドラインが取りまとめられた平成 23 年 4 月の時点では、検査対象品目として野菜類、原乳が対象品目としてあげられていたが、その後、平成 23 年 6 月に茶、水産物、麦類が、平成 23 年 8 月に牛肉、米が追加されている。各カテゴリーの検体数もこれに沿うように推移していた。

平成 31 年 3 月の時点でガイドラインの対象品目は、野菜類・果実類、乳、水産物、米、キノコ・山菜類等、野生鳥獣の肉類に拡大されている。ガイドラインの検査対象品目は、事故直後は放射性ヨウ素の降下による影響を受けやすい食品に重点を置いていたが、その後放射性ヨウ素の減少を踏まえ、放射性セシウムの影響及び国民の食品摂取の実態等を踏まえたものに変化していった。²⁾

参考文献

- 1) 寺田宙, 山口一郎 放射性物質による食品汚染の概要と課題 保健医療科学 2011 Vol.60 No.4 p.300-305
- 2) 検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方 平成 31 年 3 月 22 日原子力災害対策本部

表 4.2.1.2-2 品目別月ごとの検体数

カテゴリ	品目	試料採取年月日													総数
		H23.3	H23.4	H23.5	H23.6	H23.7	H23.8	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2	H24.3	
野菜類	キャベツ	27	55	81	57	22	21	24	63	57	34	27	35	31	534
	ハクサイ	11	11	4	6	2	6	10	58	101	65	62	52	16	404
	キュウリ	31	48	50	57	115	104	79	17	33	14	13	30	63	654
	ホウレンソウ	126	315	299	149	19	20	23	65	117	82	71	96	71	1453
	コマツナ	70	96	65	45	27	23	27	30	54	25	37	56	40	595
	ニンジン	0	0	3	18	2	13	18	59	71	52	58	75	58	427
	トマト	18	19	28	27	60	119	73	30	35	22	31	32	30	524
	その他野菜類	337	633	707	729	886	1338	1642	2232	1525	873	945	1111	1204	14162
	野菜類 計	620	1177	1237	1088	1133	1644	1896	2554	1993	1167	1244	1487	1513	18753
果実類	リンゴ	0	0	0	0	4	65	112	188	84	40	49	37	28	607
	イチゴ	54	53	15	1	4	1	3	30	80	113	66	50	60	530
	ナシ	0	0	0	1	24	126	121	44	12	2	0	0	1	331
	カキ	0	0	0	0	0	2	47	164	39	4	0	0	0	256
	ブドウ	0	0	1	1	14	114	76	24	7	2	1	0	0	240
	その他果実類	2	0	12	44	67	61	54	100	78	19	12	10	15	474
	果実類 計	56	53	28	47	113	369	413	550	300	180	128	97	104	2438
茶葉	茶葉	0	0	23	61	2	0	19	0	0	1	0	1	0	107
穀類	米	0	0	0	0	1	771	2228	578	71	26	23	22	13	3733
	小麦	0	0	0	22	120	78	3	2	1	0	1	0	0	227
	二条大麦	0	0	0	25	123	25	0	0	0	0	0	0	0	173
	六条大麦	0	0	0	32	59	10	2	0	0	0	1	0	0	104
	蕎麦	0	0	0	0	14	17	24	190	77	5	0	2	0	329
	その他穀類	0	0	0	0	1	1	1	36	28	9	3	1	5	85
	穀類 計	0	0	0	79	318	902	2258	806	177	40	28	25	18	4651
豆類	小豆	0	0	0	0	0	0	20	31	18	2	1	1	1	74
	大豆	0	0	0	0	0	0	0	166	392	47	5	4	2	616
	いんげん豆	0	0	0	1	4	6	10	6	9	0	0	5	0	41
	うずら豆	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	枝豆	0	0	1	8	26	30	13	8	2	0	0	0	0	88
	えんどう	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	金時豆	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	ササゲマメ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
	さやいんげん	0	0	3	10	49	58	14	4	1	0	0	0	0	139
	さやえんどう	1	4	28	11	0	0	0	0	1	0	0	0	1	46
	スナップえんどう	1	3	8	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	20
	そらまめ	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	とらまめ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	ペチャ豆	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
べにばないんげん	0	0	0	0	0	0	2	2	4	2	0	1	0	11	
	その他豆類	2	7	42	41	79	94	41	23	18	3	0	7	2	359
	豆類 計	4	14	84	82	158	188	102	243	446	55	6	19	7	1408
キノコ類	ブナシメジ	0	1	0	0	0	3	6	12	11	6	102	124	85	350
	エノキタケ	1	4	0	1	1	6	6	12	12	12	112	81	40	288
	シイタケ	15	92	4	2	1	12	13	24	12	13	2	6	5	201
	その他キノコ類	3	9	1	4	0	11	130	176	50	22	17	26	14	463
	キノコ類 計	19	106	5	7	2	32	155	224	85	53	233	237	144	1302
海藻類	ワカメ	0	1	5	0	4	2	7	0	3	7	17	22	21	89
	コンブ	0	0	0	0	1	4	6	2	2	1	0	0	2	18
	ヒジキ	1	2	1	0	1	0	4	0	3	2	0	8	9	31
	テングサ	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	1	7
	ハバノリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	海藻類 計	1	3	6	1	6	6	17	7	8	11	17	30	33	146
肉類	牛肉	5	16	23	13	437	3269	5055	10668	13705	14387	10599	11081	10925	80183
	豚肉	10	16	20	11	29	66	36	69	64	30	49	75	48	523
	鶏肉	8	6	1	9	11	19	13	22	29	19	25	42	28	232
	その他肉類	0	2	3	2	3	17	87	118	89	105	111	112	45	694
	肉類 計	23	40	47	35	480	3371	5191	10877	13887	14541	10784	11310	11046	81632
乳・乳製品	乳	159	128	137	121	111	172	156	228	238	240	279	325	290	2584
	乳製品	0	0	0	0	14	7	9	16	7	49	28	35	22	187
	乳・乳製品 計	159	128	137	121	125	179	165	244	245	289	307	360	312	2771
卵	卵	9	22	4	12	20	41	28	32	40	40	58	74	42	422
魚介類	アイナメ	0	1	3	10	10	15	18	33	23	26	23	31	33	226
	カツオ	0	2	9	14	12	20	20	19	14	2	7	5	16	140
	サバ	0	0	0	0	0	1	3	1	1	4	2	7	1	20
	アユ	0	1	25	30	31	24	15	4	3	0	0	0	13	146
	イワナ	1	2	8	11	17	9	13	11	11	11	10	21	69	194
	ニジマス	0	3	2	1	2	6	4	2	5	1	1	8	15	50
	その他魚介類	22	166	196	288	315	423	771	1056	997	715	869	1218	1392	8428
	魚介類 計	23	175	243	354	387	498	844	1126	1054	759	912	1290	1539	9204
牧草	牧草 計	0	24	219	264	327	73	92	8	1	0	0	0	0	1008

表 4.2.1.2-3 食品等の放射性物質検査の実施試料数の推移(平成 23 年 3 月～平成 26 年 3 月)

平成 23 年度														
カテゴリ	H23.4	H23.5	H23.6	H23.7	H23.8	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2	H24.3	総数	
畜産物	32	63	51	47	500	3414	5219	10910	13926	14581	10842	11385	11090	82060
農産物	620	1177	1237	1167	1451	2546	4174	3551	2519	1256	1278	1514	1535	24025
水産物	24	178	249	355	393	504	861	1133	1062	770	929	1320	1572	9350
野生鳥獣肉	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	6	8
乳製品	159	128	137	121	125	179	165	244	245	289	307	360	312	2771
飲料水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	3	2	175	117	76	100	415	1578	817	572	497	551	364	5267
合計	838	1548	1849	1807	2545	6743	10834	17417	18569	17469	13853	15130	14879	

平成 24 年度													
カテゴリ	H24.4	H24.5	H24.6	H24.7	H24.8	H24.9	H24.10	H24.11	H24.12	H25.1	H25.2	H25.3	総数
畜産物	11180	11131	11266	12995	10426	11212	11129	22452	20989	17021	18287	19819	177907
農産物	2812	3205	3193	4426	3324	4460	9055	7185	3669	1763	1639	1849	46580
水産物	1804	1893	1852	1844	1565	1653	1951	2013	1650	1624	1757	1673	21279
野生鳥獣肉	37	80	82	88	119	204	118	187	119	91	146	104	1375
乳製品	332	478	482	473	418	455	518	485	407	486	364	351	5249
飲料水	58	549	161	145	128	108	114	64	65	70	84	73	1619
その他	582	934	881	992	770	725	955	1186	878	791	761	591	10046
合計	16805	18270	17917	20963	16750	18817	23840	33572	27777	21846	23038	24460	

平成 25 年度													
カテゴリ	H25.4	H25.5	H25.6	H25.7	H25.8	H25.9	H25.10	H25.11	H25.12	H26.1	H26.2	H26.3	総数
畜産物	19393	18449	18563	21168	17360	18642	21034	22676	21620	18144	17421	18889	233359
農産物	3029	4131	3891	4327	3663	5602	5946	5093	4078	3202	1923	1761	46646
水産物	1854	2025	2191	2245	1862	1950	2029	1894	1620	1712	1618	1997	22997
野生鳥獣肉	59	157	105	110	141	154	123	138	82	159	76	60	1364
乳製品	408	446	415	494	413	465	394	439	385	437	409	394	5099
飲料水	90	206	140	107	126	94	61	54	54	52	61	44	1089
その他	756	961	1072	1211	809	951	1015	1088	861	845	921	766	11256
合計	25589	26375	26377	29662	24374	27858	30602	31382	28700	24551	22429	23911	

4.2.1.3 放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」の記載内容の整理

放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」の記載内容を①、②に示す試料の種類、記載項目に関して一覧表に取りまとめた。取りまとめた一覧表を参考資料 3 に示す。

①試料の種類

大気浮遊じん、降下物、降水（定時降水）、陸水（河川水、湖沼水、井戸水、上水）、土壌（農耕地土壌、未耕地土壌）、河底土、湖底土、排水、穀類、野菜類、茶（生茶、荒茶）、牛乳（生乳、粉乳）、牧草、淡水産生物（魚類、貝類）、指標生物、海水、海底土、海産生物（遊泳生物、底生生物、海藻類、付着生物）

②項目

採取場所、試料採取部位、試料採取量、採取器、採取用具及び容器、試料採取方法、試料の処理方法、試料に関する記録、試料の輸送、備考

また、4.2.1.4 に示す、次項の調査文献である IAEA のガイドライン「Guidelines on the Harmonization of Response and Assistance Capabilities for a Nuclear or Radiological Emergency」から、原子力緊急時における試料採取に関する情報と比較し不足項目を一覧表の最下段に記載した。

4.2.1.4 Guidelines on the Harmonization of Response and Assistance Capabilities for a Nuclear or Radiological Emergency

IAEA は本ガイドラインを 2017 年 1 月に発行している。本ガイドラインにより、原子力緊急時に IAEA が援助条約に基づき各国と連携して運営する「緊急時対応援助ネットワーク (RANET)」の実効性の向上が期待されており、援助の要請国と援助提供者が理解しておくべき一般情報などが示されている。本ガイドラインにおける試料採取に関する情報を整理する。

試料採取に関する必要情報

次の 11 種類の試料種類について、図 4.2.1.4-1 のような試料採取に関する必要情報が示されている。

- ①Air sampling / 大気
- ②Soil sampling / 土壌
- ③Grass sampling / 牧草
- ④Deposition over time sampling / 降下物
- ⑤Water sampling / 水
- ⑥Milk sampling / 牛乳
- ⑦Food sampling (including animal feed) / 食品 (飼料を含む)
- ⑧Vegetation sampling / 植物
- ⑨Sediment sampling / 堆積物
- ⑩Snow sampling / 雪
- ⑪Smear sampling / スミア

4.2.1.2. Soil sampling

Soil Sample Collection Products
Header information:
<ul style="list-style-type: none"> — Team identification (TID); — Description of sampling location (farm land, forest, whether vegetation was removed from area before sampling, etc.), if not described in LIC; — Weather (wind, rain, etc.) (optional); — Sampling method, including information regarding whether sample was mixed.
Sample specific information:
<ul style="list-style-type: none"> — Sample identification (SID); — Sampling date and time; — Latitude and longitude (or LIC, as appropriate); — Dose rate at sampling location (optional); — Type of soil (e.g. clay, sand, black); — Sample area (cm²); — Sampling depth or range (cm); — Sample mass (original and sub-sample mass, if appropriate, and whether wet or dry); — Record if collected with grass sample (if applicable); — Photograph(s) or sketch of the surroundings of the sampling location (if possible); — Other samples collected at the same location (if applicable).

図 4.2.1.4-1 土壌試料採取に関する必要情報の事例

これらの 11 種類の試料それぞれに必要な情報として呼び出し情報(Header information)と試料固有情報(Sample specific information)があり、表 4.2.1.4-1、表 4.2.1.4-2 のそれぞれに示す内容が必要となる。

表 4.2.1.4-1 試料採取に関する必要情報の一覧表 (その1)

試料種別	大気	土壌	牧草	降下物	水
呼出情報					
チームID	○	○	○	○	○
システム仕様	○	-	-	-	-
位置IDコード	○	○	○	○	○
気象情報(風向、風速、天候など)	※	※	※	※	※
採取方法	○	○	○	○	○
試料固有情報					
試料ID	○	○	○	○	○
採取日時(または採取開始/終了日時)	○	○	○	○	○
緯度経度	○	○	○	○	○
採取場所における線量率	○	※	※	※	※
試料の説明	-	○	○	○	○
採取範囲	-	○	※	○	-
採取深度	-	-	-	-	○
試料重量	-	○	○	-	○
試料採取層	-	○	-	-	-
採取場所周辺の写真や絵、見取り図	※	※	※	-	※
予備試料の有無	○	○	○	-	○
採取情報に関する備考	○	○	○	○	○
その他1	吸引率	-	牧草の切り取り長さ	降水量	保管容器種類
その他2	吸引量	-	-	-	塩分
その他3	フィルター情報	-	-	-	pH
その他4	吸引部の設置高さ	-	-	-	水温

表 4.2.1.4-2 試料採取に関する必要情報の一覧表 (その2)

試料種別	牛乳	食品 (飼料含む)	植物	堆積物	雪	スミア
呼出情報						
チームID	○	○	○	○	○	○
システム仕様	-	-	-	-	-	-
位置IDコード	○	○	○	○	○	○
気象情報(風向、風速、天候など)	※	※	※	※	※	※
採取方法	○	○	○	○	○	○
試料固有情報						
試料ID	○	○	○	○	○	○
採取日時(または採取開始/終了日時)	○	○	○	○	○	○
緯度経度	○	○	○	○	○	○
採取場所における線量率	-	※	※	-	※	-
試料の説明	○	○	○	○	○	○
採取範囲	-	-	○	-	○	○
採取深度	-	-	-	○	○	-
試料重量	○	○	○	○	○	-
試料採取層	-	-	-	○	-	-
採取場所周辺の写真や絵、見取り図	-	-	※	※	※	※
予備試料の有無	-	-	-	-	-	-
採取情報に関する備考	○	○	○	○	○	○
その他1	搾乳日の時間	生産・製造場所	-	-	降雪期間	スミア用具情報
その他2	-	-	-	-	-	-
その他3	-	-	-	-	-	-
その他4	-	-	-	-	-	-

※：可能なならば記録する項目

表 4.2.1.4-1 及び表 4.2.1.4-2 より、呼出情報のチーム ID は試料固有の情報であり、その試料の場所を示す位置 ID コード (LIC) も同様である。また、それぞれ測定や計算、評価に必要な情報が各試料に付随する。また、大気試料や土壌試料など経年変化や定点観測が必要な試料は、その採取位置や周辺環境に関する情報も必要であり、GPS などによる緯度経度情報とは別に付加情報である写真やスケッチも必要であることが分かる。さらに、水試料では保存状態にも影響する容器や pH などの情報も必要なことが分かる。その他の項目は各試料に固有な情報を表記した。

なお、それぞれの登録情報は指定の形式に従う。

例) チーム ID (TID) : XX-ABC-#

XX : 2文字の国別コード

ABC: FAT (A Field Assistance Team) または EBS (External Based Support) を選ぶ

: 1文字の固有番号とし、同一国内で区別する必要がある場合の補足情報

さらに、単位や表記は表 4.2.1.4-3 に従い、位置 ID コードの形式と要件は表 4.2.1.4-4 に従う。

表 4.2.1.4-3 基本の単位と表記

測定、結果の数量(表記)	基本単位(様式)	可能な代替案(注釈)
Radiation types	alpha, beta, gamma, neutron	「α」, 「β」, 「γ」, 「n」
線量	Bq	Ci
空気中の放射能濃度	Bq/m ³	Bq/L
食品、水または牛乳の放射能濃度	Bq/kg	Bq/L, Bq/m ³
地表面の放射能濃度	Bq/m ²	Bq/cm ² , s ⁻¹ ((cps) 検出器の検出部表面積を含む)
沈着率	Bq·m ⁻² ·h ⁻¹	
表面汚染濃度(単位面積あたり濃度)	Bq/m ²	cps, (cpm)*
Excretion rate	Bq/day	
吸収線量	Gy	
等価線量	Sv	
実効線量	Sv	
確定実効線量	Sv	
個人線量当量、Hp(10)	Sv	
周辺線量当量率、H*(10)	Sv/h	
日付(記載用)	DD-MMM-YYYY	月を表記する時は英字3文字で記載(Jun)
日時(データ交換用)	YYYY-MMDDThh:mm:ssZ (ZはUTC***を示す)	(ISO 8601)に従う
小数点	0	「,」は使用禁止
数値区切り記号	10000	「,」や空欄は使用禁止
場所(緯度と経度)	十進法	WGS84***を参照
空気吸引量	m ³ /h	L/h, L/min
距離	m または km	使用する単位は、状況に基づいて事前に取り決める必要がある
高度(高さ)	m	
気温	°C	° F

* cpsまたはcpmを使用して、サーベイメーターからの読み取り値を運用基準と比較できる。機器固有のOILの4つの値(cpsまたはcpm)は、機器係数と校正係数に基づいて計算できる

** 地図作成、測地、ナビゲーションで使用するための標準である世界測地システム。WGS84は、1984年に設立され、2004年に改訂された最新の改訂版

*** 協定世界時(UTC)

表 4.2.1.4-4 位置 ID コードの形式と要件

記述	デフォルトの形式(説明)	要件
LIC	MPXX-ABC-# の形式	必須
位置の説明	繰返し識別できるようにするための場所、町、通りの名前	必須
緯度	10進形式のWGS84データ	必須
経度	10進形式のWGS84データ	必須
海面高さ	m (負の値としての深さも含む)	選択
場所の読み取りの不確かさ	m	選択
場所	Land, sea or air	選択
表面状態	Soil, grass, asphalt, concrete 等	選択
線源または放出源からの方向	方向の角度またはおおよその方向(例、NE, NNE, SW)	選択
線源または放出源からの距離	m または km (状況に応じて)	選択
写真またはスケッチ	概要、場所を特定できるように	選択
場所や地点を特定するための追加情報	再現性を確保するため	選択

この他に、本ガイドラインでは試料調製(Sample Preparation)、試料測定(Sample Measurement)などの必要情報についても、事例が示されている。

これらを基に、IAEAにおいて取り決めた試料採取に関する情報の国際的要求事項を、新規に策定するマニュアルに反映する。

4.2.1.5 Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual

(1)はじめに

MARLAP (Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual) は以下の米国連邦機関等の協力により作成されたマニュアルである。

- ・ Environmental Protection Agency (EPA)
- ・ Department of Energy (DOE)
- ・ Department of Homeland Security (DHS)
- ・ Nuclear Regulatory Commission (NRC)
- ・ Department of Defense (DOD)
- ・ National Institute of Standards and Technology (NIST)
- ・ United States Geological Survey (USGS)
- ・ Food and Drug Administration (FDA).
- ・ Commonwealth of Kentucky
- ・ State of California

MARLAP は全 2 巻に分かれており、第 1 巻は主にプロジェクトの計画者及び管理者向けであり、分析計画上の問題や分析データの要求に対する重点を含むプロジェクト立案に関するガイダンスを提供している。第 2 巻は主に分析者向けであり、分析所における業務に関連する分野のガイダンスを提供するものとなっている。

ここでは、MARLAP の第 2 巻の第 10 章 (MARLAP Manual Volume II: Chapter 10, Field and Sampling Issues that Affect Laboratory Measurements) に記載されている試料採取方法について調査を行った。なお、MARLAP は以下の URL より入手することができる。
(<https://www.epa.gov/radiation/marlap-manual-and-supporting-documents>)

(2) 概要

① マニュアルの特徴

放射性核種分析を行うプロジェクトで要求されるデータを分析所が得るためには、一貫した手法が必要である。MARLAP は米国内のそのようなニーズに対応するものである。MARLAP は放射性核種の分析を求めるプロジェクトに対する計画、実行及び評価段階でのガイダンスを提供している。MARLAP が提供するガイダンスはプロジェクトやプログラムの多様性に十分に適用できる厳格さと柔軟性の両面を有している。

MARLAP に含まれるガイダンスは政府機関及び民間機関の両者に向けたものである。MARLAP の利用者はプロジェクト計画者、プロジェクト管理者、分析者、規制者、監査官、検査官、データ評価者、意思決定者、その他分析結果を使用するエンドユーザーが含まれる。MARLAP はパフォーマンス ベースのアプローチを用いており、放射化学分析を伴う多様なプロジェクトや活動に適用できるものとなっている。

なお、具体的な試料採取手順については、MARLAP には記載されておらず、ASTM などの別の規格やマニュアル類を紹介するのみであった。

また、試料採取に関する共通的事項として、フィールドを担当する組織は、データの品質目標を満足する信頼性のある情報を提供できる方法で作業を行わなければならない。このため、以下のすべての項目を含む標準的な手順を作成し、その手順に従って作業は行われるべきであるとされている。

- ・ 個々のサンプルサイズを決定する技術的な裏付けの整備
- ・ 使用する機器や器具
- ・ 使用する適切な容器や防腐剤
- ・ 試料ラベル
- ・ 試料採取条件と例外
- ・ 試料採取地点
- ・ 試料のトラッキング、管理、送付状
- ・ 試料の管理などに関する法的に要求される書類
- ・ 品質保証のための試料の選択
- ・ 相互汚染を防ぐための装備類の除染
- ・ 試料の梱包から表面汚染調査、発送、トラッキング
- ・ 労働安全衛生に係る計画

②土壌試料

土壌中の放射性核種の分布は不均一であるものと考えられている。不均一性の程度は放射性核種の環境や土壌への放出の形態、放射性核種の化学的性質、土壌の組成、環境条件や土地利用等によって決まり、土壌の汚染は土壌の粒子径によっても分布が異なると考えられている。

採取計画に定められているのであれば、夾雑物は試料採取時に取り除くべきである。夾雑物を別に保存、分析すべきかどうかは採取計画により決められる。分析所において石や植物根などを取り除いた後、要求される分析を全て実施するために十分な試料量が確保できないこともある。よって、十分な試料量を確保できるように試料を採取すべきである。また、分析所では相当量の夾雑物を除去する可能性があることを考慮すべきである。可搬型のはかりを用いることにより試料採取時に採取重量を確認することで、十分な試料量を採取することができる。

試料採取計画には土壌中の放射性核種の不均一性の影響について記載すべきである。放射性核種の分布へ影響を与える可能性のある考慮すべき因子としては、採取深さ、植物等の除去の要否、石などである。

揮発性の元素が不揮発性の元素と共存する可能性がある場合、揮発性の分析対象の損失を防ぐために乾燥前に試料を分割しなければならない。乾燥した試料は乳鉢、ジョークラッシャー、ボールミル、パラレルプレートグラインダ、ブレンダーやこれらの組み合わせによって均質化し、ふるいによって均一な試料としている。ふるいのサイズは 35 から 200 メッシュが一般的には推奨されている。

- ・ 試料の灰化

放射性核種分析のために化学分離が要求される場合、土壌試料は“field laboratory”で灰化される。ここでの“field laboratory”は試料採取に近い分析所(laboratory)を示す。化学分離に供する土壌試料は分析操作に影響を与える有機物を除去するためにマッフル炉で灰化する。

- ・ 堆積物(Sediment)について

湖、河川等の堆積物は液体廃棄物の放出や降下物、土壌からの流入等による汚染が考えられる。放射性核種は様々な化学的／物理的な吸着が考えられ、堆積物は環境モニタリングの重要なメディアとなっている。水圏での放射性核種の挙動に対する理解は採取計画の作成に必要であり、これらによって分布や採取地点が決められる。

多くの場合、堆積物はデカンテーションにより水と分けられ、試料はろ過又は乾燥して得られる。容器はスクリュウキャップの付いたガラスやプラスチック製の広口瓶が適している。揮発性の放射性核種や有機物を考慮して、試料は採取場所では氷で、分析までの間は冷蔵庫で冷やしながらか保管する。コア試料は採取したのちに冷凍し、分割される。

③水試料

水試料は水性、非水性、それらの混合物に分けられる。分析が要求される水性試料は表面水、地下水、飲料水、降下物、タンク、河川水等である。非水性の試料は溶媒、油などの有機性の液体である。混合物試料は水性及び非水性試料の混合物や一方が他方に分散している液体である。液体試料の採取方法は多くの資料に記載されているが、採取器具の選択、試料容器の材質、ろ過の必要性の有無、試料の劣化を防ぐための試薬等の添加などが重要である。

- ・ 液体試料の採取方法

試料採取方法はサンプルの保存に影響を及ぼすことがあり、この影響はよく理解されている必要がある。例えば、溶存する酸素及び二酸化炭素は溶解している金属を不溶性とする可能性があるため、最小化する必要がある。

- ・ ろ過

試料をろ過するか否かは分析計画において鍵となるものであり、計画時点でフィールドにおけるろ過の有無を決定しておくべきである。ろ過の方法は試料の容量、懸濁物の粒子径、可搬型機材の有無や電力などのリソースにより決まる。

潜在的なろ過の必要性は液体の発生源や試料採取・分析の目的などによる。例えば、被ばく評価を目的として水道水を分析するのであればろ過は必要としない。相当量の懸濁物を含む調査用の井戸から採取する場合にはろ過が必要になる。

採取地点が遠隔地の場合には、最小の器具では自然ろ過に限られる可能性がある。減圧又は加圧によるろ過は、シリンジ、ポンプ、アスピレータなどを用いることで可能となる。ろ過後の残渣が分析対象となる場合、それらは清浄な手袋等を着用して取り扱われるべきである。

・ 試料の保存方法

○酸の添加

酸の添加による試料の保存は一般的であるが、H-3、C-14 及び水中のラドン分析の際には注意が必要である。

H-3 分析 トリチウム分析に酸添加は直接的には影響しないが、液体シンチレーション測定の際にクエンチングが起こる恐れがある。

C-14 分析 酸の添加により、 $^{14}\text{CO}_2$ として C-14 を損失する可能性がある。

水中のラドン ラドン分析においては試料の保存にメリットがなく、二酸化炭素の発生によってラドンがパーズされる恐れがある。

○紙パルプの添加

細かく粉碎した紙パルプを酸性とした試料に添加して、激しく攪拌する。紙パルプの添加量は試料 1L 当たり 2g であり、酸は試料溶液の pH が 1 以下となるように添加する。その後、試料は保管され、分析の際には紙パルプはろ過により分けられ、湿式灰化により分解する。紙パルプの分解液は通常、ろ過した試料溶液に加える。

○冷凍及び冷蔵

冷凍、冷蔵で得られる効果は微生物の活動を阻止することである。微生物の活動は冷凍によってほとんど阻止することができるが、一方でバクテリアなどは死滅しないことに注意が必要である。冷凍と冷蔵の選択は氷の生成による影響の有無によって決める。

○亜硫酸塩

放射性核種の損失を防ぐため、亜硫酸ナトリウム、チオ硫酸ナトリウム又はピロ亜硫酸ナトリウムを添加する。これらの化合物は強い還元性を持っており、揮発性のヨウ素をヨウ化物イオンに還元する。試料保存のために酸を添加すると、酸は還元剤の働きを妨げることに注意が必要である。この理由から、ヨウ素分析のために試料を採取する場合、別の容器に採取することが一般的である。また、亜硫酸塩により還元的雰囲気は鉄、ウランなどの価数を変化させ、分析に支障を与えることに注意が必要である。

○その他の保存方法

試料にメタノールやホルムアルデヒドを添加する方法がある。これまでの試料保存方法の長所及び短所を表 4. 2. 1. 2-1 にまとめた。

表 4. 2. 1. 2-1 試料保存方法の長所及び短所

保存方法	長所	短所
硝酸の添加	pH を低くし、容器壁面への吸着を防ぐ	酸化力が強く、有機物と反応する可能性あり C-14 が $^{14}\text{CO}_2$ として失われる可能性あり
塩酸の添加	鉄やウランと錯体を形成する	LSC 測定でクエンチングを起こす C-14 が $^{14}\text{CO}_2$ として失われる可能性あり
亜硫酸塩の添加	還元性雰囲気をつくり、ヨウ素の揮発を防ぐ	鉄及びウランの酸化状態を変化させ、化学分離に影響を与える恐れがある
冷蔵 氷 0°C 付近	有機物（食品、水）などの試料の保存 乾燥を防ぐ 腐敗等の影響を減らす	氷は交換が必要
冷凍 ドライアイス -78°C	有機物（農畜産物、水）などの試料の保存 腐敗等の影響を防ぐ	ドライアイスは交換が必要 容器にひびが入る可能性あり
紙パルプの添加	金属イオンを吸着する大きな表面積を持ち、容器壁面への吸着を最小化	pH を 1 以下とする必要 紙パルプをろ過後に灰化して液体試料と混合する必要あり

・ その他の液体試料（牛乳）

牛乳は、放射性核種の大気放出が起こった場合には線量評価上重要な食品である。牛乳による被ばくとしては Sr-90、I-131 及び Cs-137 によるものが重要である。

牛乳の腐敗や凝固を防ぐために、牛乳試料は冷蔵しなければならない。ホルムアルデヒド又はメタノールの添加も有効である。ホルムアルデヒドを添加した牛乳は危険物（その混合物）として廃棄される必要がある。

I-131 (I_2) の揮発性から、ヨウ素を分析する試料には既知量のヨウ化ナトリウムを採取時に添加する。添加したヨウ素は分析時のキャリアとしてだけでなく、分析前のヨウ素の損失を定量的に把握するためにも用いることができる。

・ 非水性及び混合物

放射化学分析を必要とするものは相当数が想定され、個別の議論は困難であるが、試料の分解を防ぐための冷蔵や化学的保存処理を要しないケースがほとんどである。

④ 生物試料

MARLAP では、生物試料は“その他の固体試料”として記載されており、土壌や水試料と比較すると記載は少なくなっている。

- ・ 動物及び植物試料

原子力施設の通常の運転に伴う環境への放射性核種の放出や事故等による放出は陸圏及び水圏の多様な生物のサンプリングが必要となる。多くの生物試料において、フィールドでは氷、ラボ等では冷蔵庫による冷却によって保存する。

植物は、USDA (US Department of Agriculture) の分類に従い、葉菜、穀類、果物などに区分される。

- ・ 肉、卵、生鮮品、その他食品など

ビニール袋に入れて封をし、適切なラベルを貼る。フィールドにおいては氷で冷やし、ラボ等では冷蔵庫で保存する。すべての食品は可食部を取り分け、人が摂取する方法に準じて分析する。(芯、骨、種などの食さない部分を取り除く) 結果は生重量当たりで算出されるため、生重量は24時間以内に測る。

- ・ 飼料及び植物

飼料中の放射性核種のデータは重要なデータとなる。穀類や放牧された家畜により消費される植物が採取される。対象核種によってはkg単位の量が必要となる。

- ・ 陸域の野生生物

汚染地域の鹿、ウサギ、齧歯類が対象となる。放射性核種の摂取の推定には鹿の胃内容物などが評価に用いられる。

- ・ 水圏の環境試料

- 海藻

指標生物となるものであり、Fe-59、Co-60、Zn-65、Sr-90及びCs-137などの核種を濃縮するものもある。水～魚～ヒトへの食物連鎖の中で放射性核種を媒介するものとなりうる。含水率が高く、乾燥後の減量を考量すると数kg程度の採取が必要となる。

- 魚介類

数kg程度の採取が必要となる。1匹の大きなものよりも、多くの小さなものが好ましい。人の消費を踏まえ、可食部が分析対象となる。トレンドを把握したい場合など、全体を分析対象とすることもある。魚が決定経路(critical pathway)であれば、原則として種類ごとに分析する。詳細な情報が不要であれば、食性が類似したいくつかの種をグループ化しても良い。販売されている魚を当該地域で購入した場合でも、魚がどこで捕獲されたかわからないために注意が必要である。

貝類も魚と同様に採取、分析する。貝類は動きが少なく、環境調査としての優位性がある。

- 水鳥

アヒル、ガチョウなどが対象となる。水環境からの濃縮が考えられるが、種類により移行や食習慣が異なることに留意する。また、羽が汚染していると考えられ、取り扱い中のコンタミネーションに注意が必要である。

4.2.1.6 FEDERAL RADIOLOGICAL MONITORING AND ASSESSMENT CENTER (FRMAC) Monitoring Manual

(1)はじめに

米国では、緊急時の発生初期段階において FEDERAL RADIOLOGICAL MONITORING AND ASSESSMENT CENTER (以下「FRMAC」という。)が現地に設置され、緊急時モニタリングや影響評価に係るすべての活動を司る体制になっている。

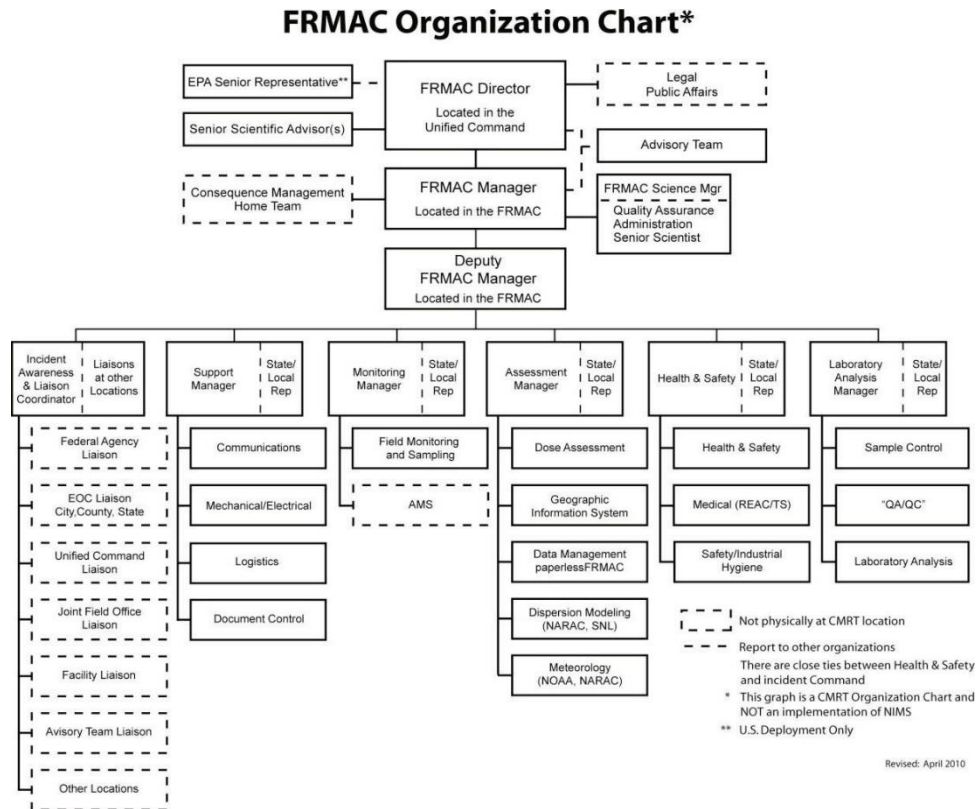


図 4.2.1.2-1 FRMAC 組織図

ここでは、FRMAC が実施する緊急時モニタリングについて策定された 2 分冊のモニタリングマニュアルについて調査した。このマニュアルでは、第 1 巻が Operations、第 2 巻が Radiation Monitoring and Sampling について述べてある。そのため、試料採取法について記載のある第 2 巻について調査を行った。

なお、本マニュアルは 2002 年に策定され、改訂を経て 2012 年に Rev. 2 として現在に至っている。

(2) 概要

① マニュアルの特徴

- ・本マニュアルは、緊急時における FRMAC の対応において、FRMAC モニタリンググループが行うフィールドにおけるモニタリングやサンプリングに係る標準的な手順 (SOPs) を提供するものである。
- ・明示的ではないが FRMAC モニタリングマネージャー以下のモニタリンググループでの利用が想定されている。

- ・FRMAC マニュアルに記載の内容は、FRMAC の緊急時対応に伴うモニタリングのみが対象となる。
- ・記載されている採取方法については、実際の作業者向けに作成されている。試料種類ごとの採取器具や標準的な採取方法について、詳しい手順が記載されている。
- ・試料ごとの採取手順の各場面が、写真と説明付きで示されている「Operator Aid」が付いており、本文にある正しい採取方法の理解が得られるよう配慮している。

②土壌試料

a) 一般的なガイダンス

初期の段階では、土壌は表面の汚染をモニタリングするために採取される。採取する表面積や深さが重要であり、不必要な深さまでの採取は放射性核種を希釈する効果があることに注意する。

・試料の選択

代表的な試料を採取するために、乾燥しており、平らで、開かれた場所を選択する。

木の下や、上に何か被っている場所は避ける。吹き溜まりが起きる場所や道路に面した場所も避ける。

採取場所が植物や葉で覆われている場合、それらを取り除くか、植物として別に採取するのかを決めなければならない。

- ・すべての採取資機材と記録票（Sample Control Form）をビニール袋に入れ、採取場所へ運ぶ。
- ・汚染を避けるため、ビニール袋を地面に置き、その上に採取資機材や記録票等を置く。
- ・記録票に GPS による緯度経度、場所、日時等の必要事項を記入する。
- ・作業手袋や使い捨ての手袋を着用する。
- ・適切なサーベイメータにより地上から 1m 及び 2.5cm における線量率を測定し、結果を記録する（電子媒体／紙）。
- ・シール付きバックにバーコード、消えないペンで試料番号を書く。
- ・採取器具を採取地点の中央に置き、深さ 2cm まで土壌の中に入れる。
- ・こてを試料の下にスライドするために十分な大きさの溝を掘る。

注意

※溝を掘る際に採取地点の表面を乱さないようにする。

※溝は長さ 30cm、幅 15cm、深さ 4cm を超えないようにすること。

- ・図 4.2.1.2-2 のような垂直な面を作る。
- ・土壌が固い場合、必要に応じてハンマーの釘抜き部分を使う。
- ・こての平らな部分を試料の下にスライドして採取器具、試料及びこてを持ち上げ、ゆっくりとシール付きバッグに試料を入れる。
- ・試料深さ及びおおよその採取量を記録する。
- ・採取器具を紙等でふき取る又は水で洗浄する。

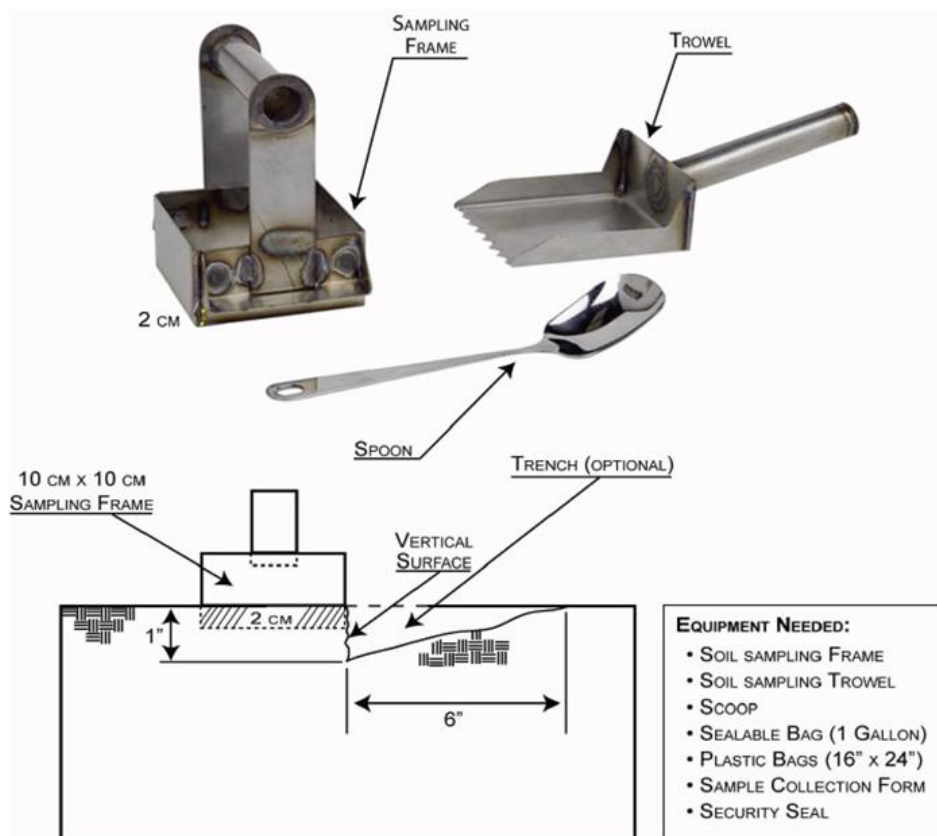


図 4. 2. 1. 2-2 土壌用の採取器具と使用方法

b) 植物に覆われた土壌

- ・草などに覆われた土壌を採取する場合、それらは表面近くで刈り取り、別試料として扱う。
- ・土壌表面を乱さないように注意しながら、表面を覆う植物をできるだけ土壌表面付近で刈り取る。
- ・植物の根を含む土壌を採取する。
- ・記録票に2つの試料を同時に採取したことを記録する。

注意

- ※常に試料に混入する植物を少なくするようにする。
- ※地表面を削る、掃くなどをしてはならない。

c) 乾燥した土壌／砂

- ・試料採取地点横に溝が掘れないような砂状の試料の場合、スプーンを用いて表面の採取を試みる。

d) 積雪下の土壌

- ・放射性核種が沈着してから降雪があった場合、雪は可能な限り除く。放射性核種の沈着前に降雪があった場合、雪及び土壌を採取する。

e) 堆積物

- ・ 堆積物の性状、対象とする核種、必要量などにより採取器具（採取方法）、採取深度を決める必要がある。詳細な採取方法は個別に決定される。

f) 採取手順 (Operator Aid より)

Collect a FRMAC Emergency Phase Soil Sample

Suggested Equipment

- Soil Sample Jig
- Claw Hammer
- Gallon Sealable Bag
- Bags, 15 x 24
- Security Seal
- Sample Control & Chain of Custody form
- Gloves



Choose a location to collect sample
Locate the sample out in the Open, away from buildings, trees or other overhead obstructions.



Survey Area Exposure Rate (waist high) & Contamination (ground). Record as a measurement.

Gather all the required equipment before you depart for the field. Place into 15 x 24 bag to carry to sample location. This is a list of suggested equipment. Add or remove equipment as needed.



Gather the needed equipment place in a bag to carry to collection site.



Place jig at sample location, with as little vegetation as possible.
If vegetation is present, remove as much vegetation as possible.



Push Jig to 2 cm depth. Tap with Hammer if needed.

March 2012

Collect a FRMAC Emergency Phase Soil Sample



Dig trench with trowel, use claw hammer if needed to loosen soil.



Slide Trowel under jig, use hammer if necessary to push trowel under the jig.



Clean Person: Roll the bag until a lip has been created. Hold bag under lip ensuring that the bag remains open for the (dirty person) to place the sample into the bag, without touching the outside of the bag.



Pick up Jig and Trowel with the sample. Pour content into 1 gallon Sealable Bag



Roll the bag around the soil. Keep the opening away from breathing area



Place a SCF barcode & Security Seal on the bag. Complete the Sample Control & Chain of Custody Form and input into the Tablet
If Background permits survey the Sample and record on SCF.

③水試料

a) 対象とする試料

- ・ 井戸水
- ・ 表層水
- ・ 雨水

b) 採取方法 (Operator Aid より)

Collect a FRMAC Emergency Phase Water (Open Source) Sample

Page 1

Choose a Location

Suggested Equipment

Cubetainer (1 Gallon)
 Funnel
 Bucket
 Rope
 Bags, 15 x 24
 Security Seal
 Sample Control & Chain of Custody form
 Generator (if required)
 Extension Cord (if required)
 Gloves

Gather all the required equipment before you depart for the field. This is a list of suggested equipment. Add or remove equipment as needed.

Choose a location to collect sample. Ensure enough water is available to fill a one-liter cubetainer.

Locate the sample out in the Open. Away from buildings, trees or other overhead obstructions. Little to no current



Survey Area and pick Location (Exposure Rate and Contamination)



Gather the needed equipment place in a bag to carry to collection site.



Place a SCF barcode on the cubetainer.



Collect a small amount of sample water and rinse out the sample container.

Collect a FRMAC Emergency Phase Water (Open Source) Sample

Page 2:



If needed attach the rope to the bucket
 Collect the surface water



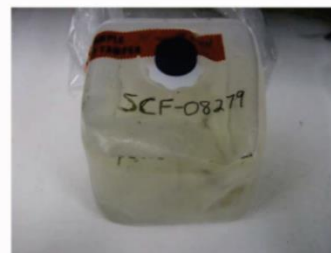
Using the funnel fill the 1 liter container.
 Stop 1 inch from the top



Dry the outside of the Sample container



Place a Security Seal over the opening.



If needed using an indelible marker, write the SCF Number on the Cubetainer.
 Place into a clean plastic bag.



Complete the Sample Control & Chain of Custody Form and input into the Tablet.
 If Background permits survey the Sample

④生物試料

a) 一般的なガイダンス

- ・ 試料採取は、道路・農場・果樹園・小売店・家庭菜園等で行われる。
- ・ サンプリング地点 (site) は、以下の点を満たすことが望ましい。
 - * 地域を代表している
 - * 木や建築物から離れ、開けている
 - * 木などの障害物がなく、容易に試料採取ができる
- ・ サンプリング地域 (area) は、以下の点を満たすことが望ましい。
 - * 植物が均一に分布している
 - * 植物が地表を覆っている
- ・ 採取地点では代表的な試料を採取するものとし、平滑で開けており、風などから保護されない場所を選ぶ (木の下、藪、上部に何かがある場所、道路脇、吹き溜まり等は避ける)。
- ・ 機械による採取についても考慮する。小麦や米などの採取は適切な量を確保しようとする
と相当の時間が必要となる。
- ・ 初期段階における植物の採取は摂取ではなく、降水量の把握が目的となる。
- ・ 市販の食品となるもの (Market Ready Food/Direct Ingestion) と飼料 (Feed Crops/ Indirect Ingestion) 2つに大別される。

b) 採取方法 (Operator Aid より)

Collect a FRMAC Emergency Phase Vegetation Sample

Page 1

Suggested Equipment

Pruning Shears
Gallon Sealable Bag
Bags, 15 x 24
Tape measure
Grass Clippers
Knife
Security Seal
Sample Control & Chain of Custody form
Gloves

Gather all the required equipment before you depart for the field. Place into 15 x 24 bag to carry to sample location. This is a list of suggested equipment. Add or remove equipment as needed.



Choose a location to collect sample. Locate the sample out in the Open, away from buildings, trees or other overhead obstructions.



Survey Area Exposure Rate (waist high) & Contamination (ground). Record as a measurement.



Gather the needed equipment place in a bag to carry to collection site.



Clean Person: Roll the bag until a lip has been created. Hold bag under lip ensuring that the bag remains open for the (dirty person) to place the sample into the bag, without touching the outside of the bag.



Only collect the edible portions of the plant. Clip pieces 6 inches or less. Stop before the bag is bulging and will not seal.



Measure the Length, Width and Depth of the sample collected



Place a SCF barcode & Security Seal on the bag. Complete the Sample Control & Chain of Custody Form and input into the Tablet. If Background permits survey the Sample and record on SCF.

⑤雪試料

a) 採取地点

- ・ プルームが雪で覆われた地域を通過した場合、雪から採取した水試料が必要になる可能性がある。
- ・ 雪試料は木、建物等で乱されない場所から採取する必要がある。
- ・ 雪試料の採取時、可能であれば緊急時以前の積雪部分を取り除く。
- ・ 採取面積を記録する。
- ・ 表面等が乱れている場所からの採取を避ける。

b) 採取器具

- ・ 巻尺
- ・ プラスチックバッグ
- ・ シリンダー
- ・ 吸収材（タオル）
- ・ プラスチック容器（1 ガロン又は 1L／ラボで分析する場合は十分な量が必要）
- ・ 蓋つきプラスチックバケツ
- ・ コテ
- ・ ろうと
- ・ 記録用紙

c) 採取手順

- ・ 使い捨ての手袋を着用する。異なる試料を採取する際には手袋を交換する。
- ・ 採取地点の緯度経度、場所、日時、その他必要事項を記録する。
- ・ バーコードや消えにくいペンを用いて試料 ID を容器に記載する。
- ・ こてを用いて雪を 1 フィート（約 30cm）角の場所から約 2 インチ（約 5cm）深さまで採取し、プラスチックバックに移す。
- ・ 記録用紙に必要事項を記録しプラスチックバックに封をする。
- ・ 使用した器具を洗浄する。
※分析所では試料をより小さな容器に移し替える必要があるかもしれない。
- ・ 雪が融けたのち、シリンダーに溶解した雪（水）を注ぎ、容積を量る。
- ・ 必要に応じてろうとを用い、容器を共洗いしたのちに試料を移す。
- ・ タオルを用いてコンテナを拭く
- ・ 記録用紙に必要事項を記録する。
- ・ 使用した器具を洗浄する。

⑥試料の梱包とラベリング

試料の梱包には保安シールを用いる。保安シールは、試料を梱包する際に開口部をまたいで、あるいは試料を包み込むように貼ることにより、試料が不用意に開封されないよう管理するためのツールである。梱包の際に、定められた形式の保安シールが無い場合はマスキングテープや粘着テープ等で代用することが可能である。

試料を密封する際に貼付する保安シールには、試料の採取日と試料採取者の頭文字を記入する。

a) 手順

- ・ 汚染地域を脱出したのちに、試料容器表面のガンマ線線量率を測定し、結果を試料管理簿に記入する。
- ・ バーコードや試料番号を試料容器に記入し、汚染のないビニールバックに入れ、バックの表面が汚染しないよう気を付ける。
- ・ ビニールバックの外側から、中に入れた試料容器や試料番号等の情報が確認できるようにする。
- ・ 試料を適切に運搬する。

b) 注意

- ・ 相互汚染を避ける。
- ・ 使い捨ての手袋を着用し、汚染が疑われたら取り替える。
- ・ バックグラウンドの試料を隔離し、分析試料と一緒にしない。
- ・ 輸送中に試料が破損しないよう運搬方法に注意する。

4.2.1.7 TECHNICAL REPORTS SERIES No.486 “Guidelines on Soil and Vegetation Sampling for Radiological Monitoring”

IAEA は本ガイドラインを 2019 年に発行している。本ガイドラインでは、農業、森林、都市環境を含む陸生生態系の土壌と生物の採取に関する事項について解説されている。本ガイドラインにおける試料採取に関する情報を整理した。

(1) 本ガイドラインの構成

CONTENTS

CHAPTER 1. INTRODUCTION

CHAPTER 2. GENERAL SAMPLING CONCEPTS AND PRINCIPLES

CHAPTER 3. SAMPLING STRATEGIES FOR DIFFERENT CONTAMINATION SCENARIOS

CHAPTER 4. SAMPLING TECHNIQUES AND EQUIPMENT

CHAPTER 5. SAMPLE PREPARATION AND PROCESSING

CHAPTER 6. QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL IN SAMPLING

CHAPTER 7. SAFETY ISSUES

CHAPTER 8. CASE STUDIES

第 8 章のケーススタディでは、東電事故の採取事例が紹介されており、以下の(2)に示す。その他の試料採取に関する内容については、参考資料 4 に示す。

(2) 東電事故によって影響を受けた地域でのサンプリングプログラム

① 原子力緊急事態における放射性降下物のマッピングのための土壌採取における課題

サンプリング及びサンプル調製の要領を作成する上で、以下のような課題があった。

- ・標準化された土壌採取要領が少ない。
- ・緊急時に十分なサンプリング機器を入手するのは困難。
- ・サンプリングチーム間で一貫性を確保するために、採取要領をシンプルにする必要がある。

② 緊急時土壌採取要領の確立について

②-1 表層土壌の放射性核種の深度分布調査

15 cm×30 cm のスクレーパープレートを使用して、深さ 0~5 cm では 0.5 cm 刻み、深さ 5~10 cm では 1.0 cm 刻み、深さ 10~30 cm では 2.0 cm 刻みで土壌を採取した。採取時に壁から落下する土壌による汚染を避けるため、壁をスプレー接着剤等で固定した。

採取した土壌はプラスチック容器に入れ、乾燥やふるい分けを行わず密封し、大気中への¹³¹I の放出を防止した。

②-2 土壌採取方法の検討

土壌の採取方法について以下の 3 つの方法を比較した。

方法 1 (Control) : U-8 容器を表土層に挿入して土壌を収集し、混合せずに放置した。

方法 2(Knife) : U-8 容器を土壌表面層に挿入し、その後、使い捨てのプラスチックナイフで攪拌し、密閉後 150 回振動させた。

方法 3(Bag) : U-8 容器を表土層に挿入して土壌を収集し、ポリエチレン袋に移して振とうした。振とう後に凝集した土壌が残っている場合は、手で押して押しつぶして土壌をほぐした。その後試料を U-8 容器に戻した。

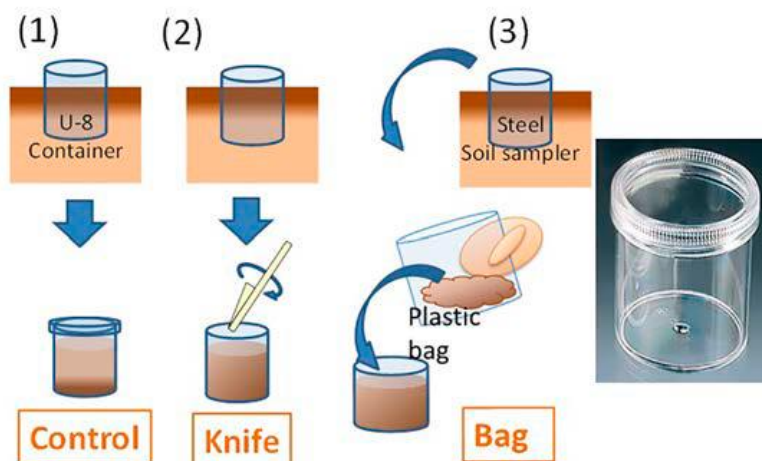


図 4. 2. 1. 7-1 3 つのサンプリング手順の概略図

図 4. 2. 1. 7-1 に上記の 3 つの方法を用いて採取した福島県山木屋地域の水田の土壌試料中の ^{137}Cs 濃度を示す。方法 1 では、放射性核種の分布が均一ではなく測定誤差も大きかった。方法 2 では、試料を攪拌する時に容器から土がこぼれることがあった。また、測定のばらつきは方法 1 よりも少ないが、エラーバーから試料がまだ十分に均質化されていないことが示唆された。方法 3 では試料が十分に均質な状態であり、放射能濃度測定では統計的ばらつきがほとんどなかった。これらの結果より、方法 3 の U-8 容器で採取した土壌をポリエチレン袋に入れて攪拌し、U-8 容器に戻す方法を採用することにした。

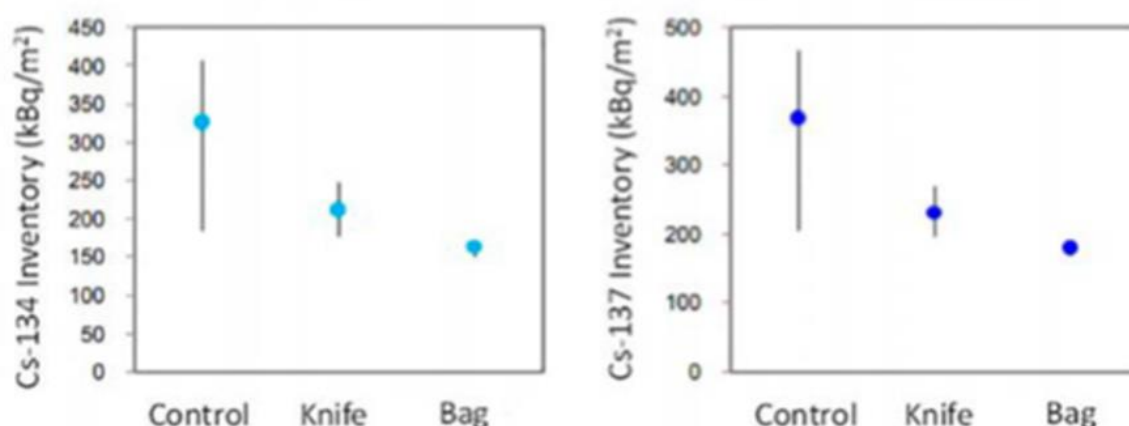


図 4. 2. 1. 7-2 土壌サンプル（水田）で測定された放射能に対する混合方法の影響

(測定誤差は 5 つの土壌試料で測定された放射能の範囲を示す。)

図 4. 2. 1. 7-3 は、サンプルを振った回数と ^{137}Cs 及び ^{131}I の測定濃度との関係を示している。容器内の土壌物質を均質化するためには、少なくとも 150 回サンプルを振ることが必要であることが分かった。

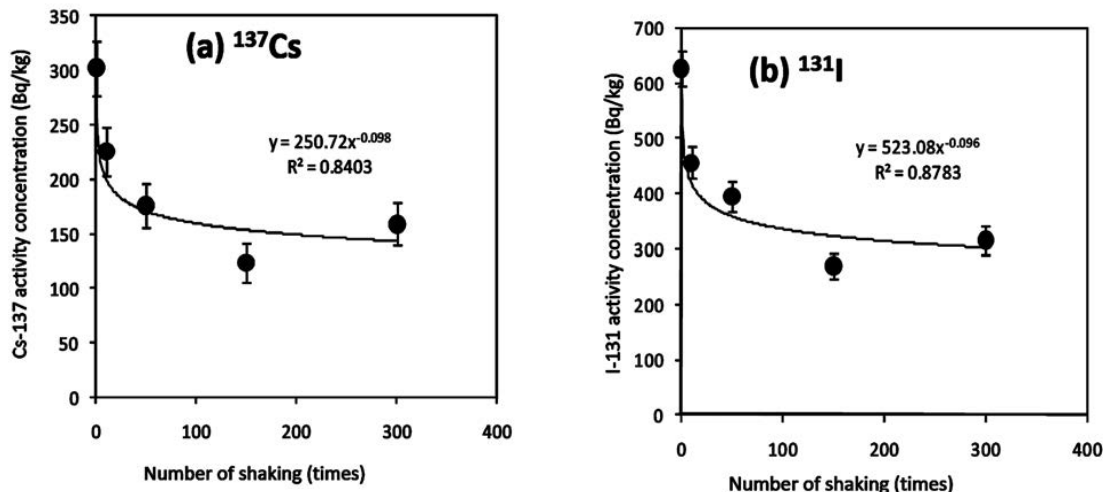


図 4. 2. 1. 7-3 Cs-137 及び I-131 の測定濃度に対する振とうの影響

②-3 土壤採取場所の選択

放射性物質の降下量の長期的な変化を監視するためには、同じ場所から複数の試料を採取することが重要である。植物や土壤の攪乱のない場所を選定し、3 m の範囲内で 5 ヶ所土壤試料を採取した。ただし、高線量率エリア（避難区域など）では、作業員の長時間の放射線被ばくを避けるために、採取する試料数は 1 から 3 ヶ所とした。

③土壤試料中の放射性核種汚染を評価するための要領

③-1 推奨事項

土壤試料の放射性核種による汚染を評価するための要領を作成する上での推奨事項は以下のとおりである。

- 1) 採取場所と地点の選択：平坦な地形で、採取場所から 5 m の範囲内に大きな障害物（車両や建物など）が存在しない場所。耕作地や水田などの開かれた場所が良く、降下物のほとんどが樹冠に閉じ込められているため、森林地帯は避ける。水田は灌漑前がよい。
- 2) 土壤の種類と土地利用によって、土壤の放射能汚染の程度に影響する可能性があるため、土壤と土地被覆マップはサンプリング戦略（サンプリングポイントの位置と密度）の設計に役立つ。
- 3) 各ロケーション内の各サンプリングポイントの地理的位置は、全地球測位システム（GPS）を使用して記録する。
- 4) 土壤試料の取り扱いには保護服と手袋を使用する。

③-2 土壤の採取と分析

推奨する土壤の採取法と実験室での分析の手順は以下のとおりである。

二次汚染を防ぐため、作業にあつては使い捨て手袋を使用する。

- 1) 3×3 m のエリア内で深さ 5 cm の 5 つの土壤試料を採取する。理想的には、四角形または正方形の中心の 5 箇所である。

- 2) 携帯型線量計を使用して、高さ 1 m の空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) を測定する。すべての場所で、サーベイメータを中心から全方向に 3 m ゆっくりと動かして、空気線量率の突然の急上昇を伴う特異点がないことを確認する。
- 3) 空きスペースのある地点、可能であれば植物に覆われていない場所を見つける。葉や有機層の小さな破片には Cs-137 と Cs-134 が含まれている可能性があるため除去しない。
- 4) 土壌試料は、次の 2 つの方法のいずれかを使用して採取する。
 - a) 採取する前に各 U-8 容器の重量を測定しはつきりと記入する。U-8 容器を静かに土に挿入し、スコップとして使用する。表面を使い捨てのプラスチックナイフで切り、プラスチックバッグでよく混ぜてから密封する。
 - b) 土壌が硬い場合には直径 50 mm のコアサンプラーを使用する。試料をビニール袋に入れ、ビニール袋の外側を振って U-8 容器に詰めてよく混ぜる。金属サンプラーは、その場で、アルコールで洗浄した後、同じ採取地点では使用できるが、コンタミネーションを防ぐために異なる場所で同じサンプラーを使用しない。サンプラーは、ラボに戻った後にクリーニングする。
- 5) 土壌水分量は、携帯型の時間領域反射率測定法 (TDR) を使用して現場で測定できる。ヨウ素の飛散を避けるため乾燥が不可能な場合は、この手順はオプションとする。
- 6) 空間的なばらつきの可能性があるので、1 地点で採取した 5 つの試料全てを測定する。全ての試料容器には、重量、土壌の深さ、GPS 参照番号及び土地利用タイプのラベルを付け密封する。アルコールを染み込ませたティッシュペーパーで容器の外側を拭いて汚染を除去し、写真を撮って土壌の色と種類を区別する。
- 7) 各試料は新しいビニール袋に入れ、土壌に触れていない人（汚染されていないことが予想される）が縛る。各場所からの 5 個の試料は、大きな袋に入れ放射性標識のラベルが付いた安全な容器に入れて実験室に輸送する。
- 8) 常に国内の放射線安全規制を遵守する。（日本の L 型輸送規格内、輸送コンテナの表面で $5\mu\text{Sv/h}$ を超えないようにする。）
- 9) 実験室で、GPS 座標（地域、緯度、経度）、土地利用の状況、土壌タイプ、デジタル写真、採取日及びその他の関連するコメントに関する情報をデータベースに入力する。
- 10) U-8 土壌容器は、Ge 検出器の汚染を防ぐために、2 人（1 人が容器に触れる人、もう 1 人が容器に触れることなく容器を覆う）で、ビニール袋またはプラスチックフィルムを用いて再び密封する。
- 11) かさ密度は、正味のサンプル重量と現場の土壌水分量を使用して計算する。乾燥が可能な場合（つまり、I-131 レベルが低い場合）、土壌を乾燥させ、かさ密度を計算する。
- 12) 土壌 1kg あたりの放射能汚染量を 1 平方メートルあたりの放射能汚染量 (Bq/m^2) に変換するには、放射能汚染 (Bq/kg 土壌) と 5 個の試料のかさ密度値を平均する。
- 14) 測定前に、サンプル容器を再度よく振って表面の土壌に大量に含まれる Cs-137 を混ぜる。
- 15) 予想される高濃度の放射性核種を考えると、カウント時間は Cs-137、Cs-134 及び I-131 のカウント統計誤差によって制限され、最大 5%（理想的には 3%）になるようにする。

Emergency procedure using the container for Ge detector

Objective: Rapid and efficient sampling of surface soil (0-5 cm)

Tools:

- ① U-8 container (AS ONE, Tokyo) (diameter: 50 mm, height: 60 mm)
- ② Plastic knife (Single use)
- ③ Trowel
- ④ Oil-based pen
- ⑤ Plastic bag with zipper
- ⑥ Wet tissue (Single use)



Procedure:

1. Mark the line on 1 cm height from the bottom (No.2). Put and bury a U-8 container into soil surface by 5 cm depth (No.3 and 4)



2. Dig up the U-8 container with surrounding soils using the trowel (No.5 and 6)



3. Turn over the U-8 container (No.7) and shave the extra soil by a plastic knife (No.8). Continue if the surface crush down (No.9).



4. After mixing the sampled soil in plastic bag (No.10), return carefully in U-8 container (No.11), and cover a top with sample name (No.12).



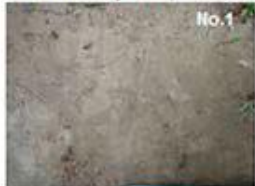
5. Wipe the soil-stained U-8 container using wet tissues (No.13), and put the sample into a plastic bag and close (No.14).



図 4. 2. 1. 7-4 U-8 容器を使用した土壌の放射能汚染の調査のための緊急手順

Soil sampling using 100 mL core sampler

Objective: Sampling of hard surface soil (0-5 cm) using 100 mL core sampler (When it is impossible to burn the U-8 container on the hard soil by hand).



Tools:

- ① U-8 container
- ② 100 mL core sampler set (stainless sampling tube, 100 mL, supplemental soil sampler hammer)
- ③ Plastic knife (Single use)
- ④ Trowel
- ⑤ Oil-based pen
- ⑥ Plastic bag with zipper
- ⑦ Wet tissue (Single use)



Procedure:

1. Set the supplemental soil sampler to no edge side of the sampling tube (No.3), and bury the tube into soil surface by 5 cm depth using hammer (No.4 and 5).



2. Dig up the tube with surrounding soils using the trowel (No.6 and 7).



3. Take the supplemental soil sampler off and put U-8 container on the tube (No.8). Turn over both tube and U-8 container with keeping hold (No.9). Shave the extra soil using a plastic knife (No.10).



4. Move the necessary soil sample in plastic bag from both tube and U-8 container, and mix the soil adequately (No.11 and 12). After that, return carefully in U-8 container (No.13).



図 4. 2. 1. 7-5 100 mL の土壌コアサンプラーを使用した、圧縮された土壌の放射能汚染の調査のための緊急手順

④福島第一原子力発電所周辺の採取場所の選択

土壌の採取場所は、次の要領に基づいて選択した。航空機調査を含む以前の環境モニタリングによって大まかに調査された放射線レベルを踏まえ、発電所サイトの半径 100 km 内及び福島県全体の中から採取場所を選択した。発電所サイトから 80 km 以内の地域は 2 km の正方形グリッドに分割し、残りは 10 km の正方形グリッドに分割した。2 つの自治体が 1 つのグリッドであった場合には、2 つのサンプリング位置は、両方の自治体をカバーするように選択した。生活場所の汚染レベルを把握することから非居住地域は外した。

不均一に汚染された場所は回避したため、一定の広さがありほとんど植物のない平らな場所が選択した。同一の場所で定期的な環境モニタリングを継続するため、地理的条件が長期間変化しないと予想される場所を選択した。例えば、畑は耕されるため、畑は避けた。また、洪水によって堆積条件が大きく変わる可能性があるため、川沿いの場所も避けた。土地の所有権に関しては、採取許可が得やすい公有地が好まれた。

採取場所を直接確認する時間がなかったため、2 km または 10 km の正方形グリッドにオーバーレイされた地図上で確認して場所を選択し、採取場所を決定した後、管理権限のある全ての自治体から土壌採取の許可を得た。

4.2.2 福島県における緊急時モニタリングに関する現地調査報告

緊急時採取法のマニュアルに関して、事故当時、モニタリング要員として初期モニタリングを担当した福島県担当者からの意見を聴取するため、福島県庁及び緊急時モニタリング地点を訪問した。内容は次のとおりである。

訪問日時：令和元年 11 月 26 日（火）9 時 30 分から 16 時 30 分

訪問場所：福島県庁及び緊急時モニタリング地点

（川俣中央公園、山木屋郵便局、村民の森内、月舘支所、田村市役所、小野町役場）

対応者：環境放射線センター 主幹兼次長兼総務課長兼分析・監視課長 阿部幸雄 氏

環境放射線センター 主査 安齋貴寛 氏

原子力安全対策課 主任主査 水野哲 氏

県北地方振興局環境課 主査 紺野慎行 氏

環境創造センター 副主査 淵上修平 氏

訪問者：日本分析センター 放射能分析事業部 試料採取・調製グループ

前山 健司 リーダー

豊岡 慎介 技術員

今野 裕太 技術員

聴取内容：事前に先方へ質問票を送付。先方から回答された資料をもとに、打合せを行った

(1)聞き取り調査について

①事故当時の緊急時モニタリングについて

1)初期対応は3班約10名体制

3/12～14 : 3～4班、各日10名程度(外部協力者5名程度)

3/15～16 : 2班4名(外部協力者なし)

3/17～ : 3～10班、各日6～30名程度(外部協力者半数程度)

2)緊急時モニタリングルートの走行調査

- ・車内でのサーベイメータによる走行中での空間線量率測定
- ・緊急時モニタリング地点での空間線量率測定、試料採取
- ・モニタリングルート、モニタリング地点は事故後選定

3/12は県が予め定めていた緊急時モニタリング地点(10km圏内)から選定。

3/13以降は県の担当範囲が10km以遠となったため、ランドマークとなる交差点、公共施設、公園などを新規に選定。(初日にモニタリング要員が調査しながら選定した)

実ルート例：平成23年3月31日

1班：福島市(福島支所)→南相馬市往復

空間線量率測定：14地点、試料採取：4地点、所要時間：7時間

2班：福島市(福島支所)→いわき市往復

空間線量率測定：7地点、試料採取：2地点、所要時間：7時間

3班：福島市(福島支所)→田村市、伊達市巡回

空間線量率測定：5地点、試料採取：4地点、所要時間：5時間半

車両内は汚染防止のため、シート、マット部分を養生。タイベックスーツを着用。移動中は同乗者がサーベイメータの指示値の変動を確認し、線量率の高い地域を把握。エアコンは原則内気循環。NHK等のラジオを必ず聴取。

3)モニタリング対象試料

大気浮遊じん、日間降下物、上水(陸水)、土壌、雑草など

環境放射線モニタリング指針(原子力安全委員会)、緊急時環境放射線モニタリングマニュアル(平成20年3月、福島県)より選定

自ら採取したもの以外にJAEAから持ち込み分析依頼(牛乳等)、農林水産部からの持ち込み分析依頼(ほうれんそう等)があった。

4)採取場所の決定

地図上で緊急時モニタリング地点を検討後、最初に採取しに現地へと行ったモニタリング要員が採取ポイントを決定。

5)試料採取器具

U-8容器を直接使用。

6) 試料採取方法

上水→ U-8 容器で直接採取

土壌→ U-8 容器を直接地面に押し込む

雑草→ ポリエチレン袋に手を入れて、雑草をちぎり、U-8 容器に袋ごと入れて持ち帰る



図 4. 2. 2-1 現地調査の様子

7) 採取量

初期は数 kg 採取したが、放射能濃度が高いことが判明後 U-8 の容量分だけを採取した。今回の事故の放射能濃度の範囲では U-8 容器の容量で供試量として十分な量だったため。

8) 採取頻度

事故当初は毎日定点調査を実施。

事故 3～6 ヶ月後は平日のみ、隔日、週 1 回程度と頻度を変更。

事故 1 年後は地点の見直し。

②試料の引き渡し

建屋入口にてスクリーニング後、ラボに移動。

ラボ内はホットとコールドをエリア分けして運用。

③試料の保存

ラボ内に保管しきれないものは、原子力センター（大熊町）に移動。廃棄方法は未定。

④前処理について

限られた人員、翌日報告期限、また莫大な試料数のため、全て生試料で、そのまま短時間簡易測定を行った。放射能濃度が高いため、十分に計数率を満たした。

⑤その他

1) 事故後の経過とともに緊急時モニタリング実施計画が拡大変化していくため、調査頻度、調査範囲、調査項目を段階的に更新した。

2) 住民の避難、摂取制限の判断基準に資する調査項目を最優先とした。

3) 調査員の被ばく管理

車両内は汚染防止のため、シート、マット部分を養生。タイベックスーツを着用。防護服等の着用、緊急時モニタリング要員の汚染検査、被ばく管理線量。初期の撤退線量率は $30 \mu\text{Sv/h}$ 。その後日線量限度として 1 mSv 。

4) 測定済み試料の保管場所などが莫大な規模になる。

5) 現場では汚染防止用にタイベックスーツを着用していたが、住民に恐怖心を与えるとの苦情があり、一般的なレインスーツに変更した。

6) ラボ（原子力センター福島支所）内の汚染防止のため、試料の搬入時の検査、袋替えなどを徹底した。

(2) 緊急時モニタリング地点の現地調査

調査日：令和元年 11 月 25 日（月）、27 日（水）

実施者：日本分析センター 試料採取・調製グループ 前山、今野、豊岡

① 緊急時モニタリングルート走行調査

福島市から月舘町、田村市、小野町までを実際に車で走行し、車中にてサーベイメータの指示値を確認。

緊急時モニタリング地点にて現地調査を実施。

空間線量率測定と各モニタリング対象試料の採取場所の確認。

川俣中央公園、山木屋郵便局、村民の森内、月舘支所、田村市役所、小野町役場
※田村市役所は移転しており旧市役所跡地は既に開発済みだったため、敷地外からの視察のみとなった。

4.2.3 新規作成するマニュアル内容の検討

これまでの現状調査を踏まえ、新規に作成するマニュアルの内容について、検討した結果を以下に示す。なお、緊急時モニタリング、作業員の被ばく防止対策、作業場所等の汚染拡大防止対策については、「緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）」原子力規制庁監視情報課（2019）に詳細に記載されているため、参考とした。

4.2.3.1 緊急時モニタリングにおける試料採取について

(1) 緊急時モニタリング

緊急時モニタリングとは、「原子力災害対策指針」原子力規制委員会（2018）において、「放射性物質若しくは放射線の異常な放出又はそのおそれがある場合に実施する環境放射線モニタリング」とされている。

(2) 緊急時モニタリングの目的

緊急時モニタリングの目的としては、以下の 3 点が挙げられている。

① 原子力災害による環境放射線の状況に関する情報収集

②OIL に基づく防護措置の実施の判断材料の提供

③原子力災害による住民等と環境への放射線影響の評価材料の提供

②の OIL に基づく防護措置の実施の判断材料の提供については、初期のモニタリング活動では、特に重要とされており優先されるものとされている。

(3) 緊急時モニタリングの実施項目

緊急時モニタリングの実施項目としては、以下の3点が挙げられている。

- ①空間放射線量率の測定
- ②大気中の放射性物質の濃度の測定
- ③環境試料中の放射性物質の濃度の測定
 - ・ 土壌中の放射性物質の濃度の測定
 - ・ 飲食物中の放射性物質の濃度の測定



図 4. 2. 3. 1-1 作業フロー

環境試料中の放射性物質の濃度の測定を実施する際には、“試料採取”、“前処理”、“分析・測定”の一連の作業フローが行われ、試料採取は必要不可欠な作業の一つである。

緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)においては、土壌、飲食物の放射能物質の濃度の測定が重要とされている。

初期モニタリングにおける防護措置の実施の判断材料として、特に、土壌及び飲食物が重要とされている。その防護措置の一つである飲食物摂取制限の指標として、OIL6 を表 4. 2. 3. 1-1 に示す。

表 4. 2. 3. 1-1 OIL6(初期設定値)

核種	飲料水、牛乳、乳製品	野菜類、穀類、肉、卵、魚、その他
放射性ヨウ素	300 Bq/kg	2000 Bq/kg
放射性セシウム	200 Bq/kg	500 Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	1 Bq/kg	10 Bq/kg
ウラン	20 Bq/kg	100 Bq/kg

4. 2. 3. 2 作業員の被ばく防止対策

現状調査の結果から、東電事故直後のモニタリング結果、試料採取地点における空間線量率の推移について、図 4. 2. 3. 2-1 に示す。事故後、空間線量率は減少するものの、採取地点によっては平常時よりも高い値で推移し、事故 1 年経過後でも、数 μ Sv/h レベルであることが図 4. 2. 3. 2-1 から分かる。よって、緊急時の試料採取する際には、平常時の数百倍の

空間放射線量率の状況下で、作業することが考えられるため、作業者の被ばく防止対策を検討する必要がある。

環境試料の測定結果(雑草)

平成23年6月7日現在

採取地点	試料名	種類 又は部位	採取日時	放射能濃度(Bq/kg)			空間線量率 (μ Sv/h)	備考
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs		
飯館村村民の森あいの沢	雑草	葉菜	3月16日 13:00	1,220,000	554,000	574,000	>30	
	雑草	葉菜	3月17日 16:00	892,000	314,000	318,000	28.0	
川俣町川俣中央公園	雑草	葉菜	3月16日 12:25	273,000	76,800	79,200	7.9	
田村市田村市役所	雑草	葉菜	3月16日 17:10	99,300	32,900	33,100	1.8	
	雑草	葉菜	3月17日 13:05	66,700	35,500	35,800	1.7	
小野町小野町役場	雑草	葉菜	3月17日 14:04	50,400	25,100	26,300	1.5	
いわき市いわき合同庁舎	雑草	葉菜	3月16日 15:30	1,310,000	21,400	21,500	1.8	
川俣町山木屋	雑草	葉菜	3月16日 13:46	727,000	157,000	158,000	-	
二本松市東和支所	雑草	葉菜	3月17日 11:45	152,000	107,000	110,000	4.7	
浪江町国道114号津島	雑草	葉菜	3月16日 12:49	1,440,000	857,000	856,000	-	
川俣町国道459号入口	雑草	葉菜	3月16日 12:15	86,600	42,200	43,100	-	
飯館村柔剣道場	雑草	葉菜	3月16日 11:40	1,150,000	546,000	549,000	-	
福島市大波城跡	雑草	葉菜	3月17日 11:10	429,000	283,000	292,000	10.8	

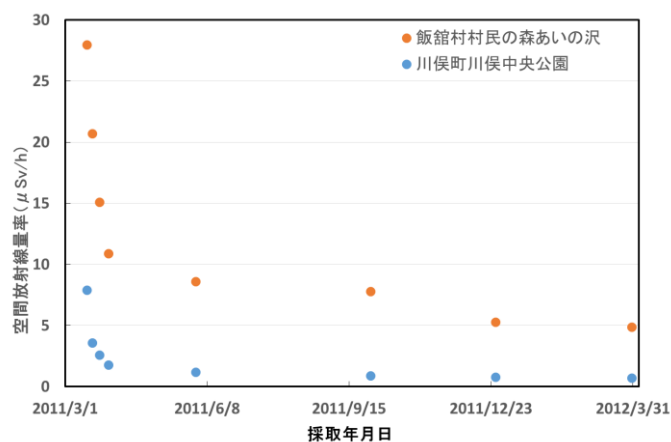


図 4. 2. 3. 2-1 東電事故直後のモニタリング結果、試料採取地点における空間線量率の推移

作業者の被ばく防止対策として、(1)被ばく管理方法、(2)被ばく低減対策、(3)要員の安全確保のための情報収集を取り上げた。

(1) 被ばく管理方法

被ばく管理方法の要点を以下に示す。

- 個人線量計の着用(ポケット線量計、アラームメータ等)
- 要員の被ばく管理(累積被ばく線量、事後の被ばく線量評価)
- 鼻スミアや甲状腺スクリーニングを実施(適宜)

被ばく管理方法として、ポケット線量計やアラームメータ等の個人線量計を着用して線量を監視する必要がある。緊急時モニタリング要員については、必ずしも放射線に精通している要員とは限らないため、モニタリングチーム内に、少なくとも1名は放射線に精通している者を配置して、緊急時モニタリング作業中における被ばく線量が予想を上回る場合には、予定の作業を中止することを検討する必要がある。

また、緊急時モニタリング要員に対して、累積の被ばく線量や事後の被ばく線量評価の被ばく管理を行う。その際に、累積被ばく線量が一定値以上の要員に対しては、被ばくするリスクが少ない作業などに配置を変更することなどを検討する必要がある。

さらに、吸入による内部被ばくが懸念される場合には鼻スミアや甲状腺スクリーニングを行い、必要に応じ、専門機関において、ホールボディカウンタ、バイオアッセイ等による測定や計算により内部被ばく線量の評価を実施する。

(2) 被ばく低減対策

被ばく低減対策の要点を以下に示す。

- 防護具の着用(防護服、ゴム手袋、長靴、防護マスク等)
- 緊急時モニタリング活動中において周辺の空間放射線量率の状況を常に把握
- 時間、距離及び遮へいを考慮した行動
- 汚染範囲内での飲食・喫煙の禁止

防護具の着用により、汚染防止対策を講じて内部被ばくの低減に努める。特に、大気中の放射性ヨウ素濃度が高い又はそのおそれがある区域で作業する際には、ヨウ素用防護マスクを使用する。なお、防護具等は、必要なときに確実かつ速やかに着脱ができるように、平常時から訓練等により着脱に習熟した者の指導を受け、習熟を図ることが必要である。

また、放射性物質の吸入による内部被ばくを避けるため、汚染範囲内での飲食・喫煙は行わないようにする。ただし、熱中症予防対策のやむを得ない状況下では、この限りではない。

モニタリング要員は、拠点を出発する段階からサーベイメータを起動して、緊急時モニタリング活動中においても周辺の空間放射線量率の状況を常に把握しておくことが重要である。緊急時モニタリング活動中の被ばく線量ができる限り低くなるように、時間、距離及び遮へいを考慮した行動計画となるようにする。

(3) 要員の安全確保のための情報収集

緊急時モニタリングにおいて、モニタリング本部とモニタリング要員との連絡体制の確保は、的確な調査の実施のみならず、要員の安全確保をする上で重要である。そのために、道路状況、気象情報、プラント情報、放射線量率分布情報等の現地情報を入手・整理する必要がある。これらの現地情報を、携帯電話、行政無線もしくは防災無線等で、緊急時モニタリング活動中のモニタリング要員に適時伝達するシステムを構築する必要がある。地理的な状況によっては、衛星電話などを整備することも検討する必要がある。

また、モニタリング車両の移動中には、ラジオ等の公共放送も活用するなど、可能な限り、現地情報を常時入手することも必要である。さらに、複合災害を想定するなど、モニタリング要員の安全対策も実施する必要がある。

4.2.3.3 作業場所等の汚染拡大防止対策

(1) 試料採取地点

緊急時モニタリング活動では、試料採取地点における作業が汚染リスクの高い作業の一つであると考えられるため、試料採取地点における汚染拡大防止対策を以下に示す。

- 車両から採取地点までの移動経路をできるだけ短くする（作業時間の短縮）
- 周辺環境を不用意に乱さない（土壌を散らかさないなど）（汚染防止）
- 汚染物と直接接触しないように作業する（地面に膝をつく作業の場合は、敷物を使用）
- 繰り返し使用する器具類については、使用の都度に洗浄
- 記録票が汚染しないように、ポリエチレン袋で養生し、その中で記録を記入する
- モニタリング車内へ必要以上に汚染物を持ち込まない（防護服、作業靴に付着する土壌等を除去）
- 汚染のリスクが低い作業から進められるように、作業計画を立てる
- 荒天時の作業はできるだけ避ける

試料採取地点においては、放射性物質が様々な箇所に沈着、付着されているという前提のもと、作業を実施する必要がある。そのため、周辺環境を不用意に乱して、土壌などを散らかさないように心がける。また、防護服やゴム手袋等を着用している場合でも、可能な限り、ウェスや敷物等を用いて、汚染物に直接接触しないように作業をする。

試料採取器等の繰り返し使用する器具類については、分析・測定機関に汚染物を持ち帰らないように、使用の都度洗浄する。

試料採取を行う場合でも、放射性物質の濃度が低いものから高いものを順番で作業を行うことで、汚染拡大のリスクが低減できるものと考えられる。例えば、複数の地点で試料を採取する際には、できるだけ放射性物質の濃度が低い地点から作業が行えるように、作業計画を立てる。また、作業内容の優先度によっても異なるが、荒天時の野外の作業はできるだけ避ける。

(2) 分析・測定機関

試料採取地点で採取した環境試料は、分析・測定機関に持ち込まれ、分析・測定機関の緊急時モニタリング要員に引き渡される。試料の引き渡し時における汚染拡大防止対策を以下に示す。

① 作業場所のレイアウト設計

作業場所のレイアウト設計に関する事項を以下に示す。

- 屋外からの出入りの動線を固定する（汚染経路を固定する）
- ホットエリアとコールドエリアとに区分（汚染拡大防止）
- 建屋ごとの出入制限
- 気圧差による建屋全体の空調管理を行う（外気が入らない環境にする）
- 建屋入口の構造（風除室、廊下の二重扉など）

汚染拡大防止対策としては、採取した環境試料からだけでなく、緊急時モニタリング要員が使用した防護服を着用した状態で行動することによって汚染を拡大する可能性がある。そのため、環境試料を引き渡す際にも、分析・測定機関内の動線を固定するなどを行い、汚染のリスクを低減する必要がある。

②作業上の留意事項

作業上の留意事項を以下に示す。

- 汚染検査、養生、ゴム手袋や作業着の着用
- 試料引き渡し時には、未使用のポリエチレン袋で梱包し、汚染された箇所との接触をしないようにする
- 使用済みのゴム手袋、防護服等の適正な管理、廃棄
- 使用資機材の廃棄物の発生量をできるだけ低減するように心がける

試料の引き渡し時には、汚染検査を適宜実施して、周囲に汚染を拡大しないように留意しながら作業を行う。その際には、作業場所の汚染防止策として、ポリエチレン製シート等を用いて、作業環境を養生して、作業者はゴム手袋、作業着の着用して作業を行う。作業着、作業靴については、人の移動に伴い汚染物も移動されることも考えられるため、作業場所ごとに作業着、作業靴の使用区分を限定するなど徹底させることが重要である。試料採取地点で梱包したポリエチレン袋についても、周辺が汚染されているという前提のもと、未使用のポリエチレン袋に再度梱包するなどして、汚染箇所と接触しないように対策を行う。

試料採取作業、引き渡し作業で使用済みのゴム手袋や防護服等については、適正な管理のもと廃棄等の処理を行う。モニタリング要員の防護服等の着用、脱着する際には、スムーズに行えないこともあるため、サポートする要員等を配置することや、防護服の脱着時における汚染の拡大を避けるため、専用のエリアを決めておくことなども必要である。

試料採取、試料引き渡し等で使用する資機材(ゴム手袋、防護服等)についても、通常の廃棄物としては処理できないことも予想されるため、廃棄物の発生量を低減することにも考慮して作業を実施する。

(3) 使用資機材の汚染防止

使用資機材の汚染防止を以下に示す。

- サーベイメータ等の養生
- モニタリング車両の車内の養生
- 運転員の専任(モニタリング活動中)、車内の内気循環
- 汚染検査の実施(必要に応じて、除染、資機材の交換)

試料採取時に用いられるサーベイメータ等のモニタリング機器については、機器本体に汚染が発生すると、除染することが困難となることがある。そのため、事前にサーベイメータ等をポリエチレン袋等で養生する必要がある。また、モニタリング車両の内部についても、運転に支障がないように、養生等を実施する必要がある。

モニタリング要員が防護服を着用して運転する場合、通常より運転が困難となることが考えられる。運転の他、試料採取を行うことになると、より一層の防護対策を行うことで、さらに作業効率が低下する可能性がある。そのため、モニタリング車両の運転者はできるかぎり運転に専任するなど作業が円滑に遂行できるよう十分に留意する必要がある。

使用資機材については、使用前後に汚染状況を確認するなど、資機材が使用可能な状況か確認した上で使用する。汚染が認められ使用に支障がある場合には、除染や資機材を交換するなどをして、適切な状態で使用することを心掛ける。

4.2.3.4 試料採取器具、試料容器

(1) 試料採取器具

試料採取器具に関する事項を以下に示す。

- 代替品がなければ、平常時の採取法と同様のものを使用
- 使い捨てのプラスチック製容器を使用（洗浄等の作業時間の短縮、試料の相互汚染防止）

土壌試料の試料採取に関しては、福島県での聞き取り調査や IAEA No. 486 等の文献調査の結果から、代替品が使用されていた。代替品として、小型のプラスチック製測定容器が使用された。プラスチック製測定容器では、比較的柔らかい土壌を採取することしかできないため、その対策としては、金属製の 100 mL コアサンプラーを使用する方法が採用された。プラスチック製測定容器については、数量が確保できれば繰り返し使用しなくてもよいため、試料採取器具を洗浄する時間が省略できる。また、金属製の 100 mL コアサンプラーや平常時モニタリングで使用される土壌採取器は、通常、繰り返し使用するために、試料の相互汚染防止の観点から、使用の都度、拭き取り、洗浄を行った後、次回の試料採取のために準備しておく。そのことにより、分析・測定機関への汚染のリスクが低減できるものと考えられる。

(2) 試料容器

試料容器に関する事項を以下に示す。

- プラスチック製容器、ポリエチレン袋などを使用
- 試料容器をポリエチレン袋で梱包することを基本
- 試料搬送時には、試料容器搬送用の箱を用意
- 試料相互汚染対策として試料種類ごとに区分
- 試料の種類、採取地点、採取日時及び採取条件(状況)を記載されたラベル等を貼付

試料容器は、試料採取時や輸送時に破損や漏れが生じないものを選定する。そのため、ガラス製容器など破損しやすいものは、できるだけ使用を避け、プラスチック製容器、ポリエチレン袋などを使用する。試料を長期保存する場合には、容器の密閉性の必要性を考慮して、試料容器の選定を行う。

環境試料を入れた試料容器は、ポリエチレン袋で梱包することを基本として、試料容器から試料の漏れ、試料容器の破損に備えておく。

試料搬送時には、専用の箱を用意するなどして、試料容器が倒れないように対処する。複数の試料種類を一度に搬送する場合には、試料の種類ごとに区分することや、放射能レベルがわかる場合には、レベルごとに区分するなど、試料相互汚染防止対策を実施する。試料容器には、試料の種類、採取地点等の基本情報が記載されたラベル等を貼付するが、長期保存することを考慮し、記載された情報の印字の経年劣化にも注意しておく。

4.2.3.5 試料採取量

(1) 試料採取量

試料採取量に関する事項を以下に示す。

- 対象となる放射性物質の種類、その濃度レベルから、分析・測定供試量を判断して、試料採取量を決める。
- 東電事故時の教訓から、試料の保存、試料の廃棄が困難なこと等があるため、試料採取量は最小の必要量とする。

試料採取量については、分析・測定供試量、分析の回数、予備試料の量をもとに決定される。東電事故時の教訓から、試料の保存、試料の廃棄が困難なこと等があるため、最小の必要量とする。このことから、分析・測定供試量からその2倍量程度を試料採取量の目安とすることが考えられる。

(2) 試料採取に関する情報

試料採取に必要な記録情報としては、放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」に記載されている項目を参考とする。当該測定法シリーズは平常時の試料採取法であるため、緊急時に不要なものは削除し、必要なものは追加する。IAEAのガイドライン(Guidelines on the Harmonization of Response and Assistance Capabilities for a Nuclear or Radiological Emergency)(4.2.1.4を参照)に示されている項目の内容を検討し、試料の種類ごとに必要項目を決定する。これらの項目を試料の種類ごとに整理して、マニュアルに掲載する試料採取記録票を作成するための参考データとする。

また、試料採取地点に関する情報(緯度経度、周辺状況)については、緊急時モニタリング要員間で正確、確実に情報共有することは、定期的、継続的なモニタリングを実施する上で、重要である。有用なシステム等を活用して、円滑な情報共有を行う必要がある。

4.2.3.6 緊急時における環境試料採取法

これまでの検討内容を踏まえ、緊急時における環境試料採取法の記載内容を以下に示す。

(1) 記載項目

試料ごとに、以下の項目を記載する。

- ・ 採取場所
- ・ 試料採取方法
- ・ 試料採取部位
- ・ 試料の輸送
- ・ 試料採取量
- ・ 試料に関する記録
- ・ 採取器、採取用具及び容器
- ・ 備考

これらの他、緊急時モニタリングにおける環境試料を採取する目的等について記載する。これにより、緊急時モニタリング要員に対して、環境試料の採取目的を明確にする。

(2) 緊急時の特殊性(迅速性、簡便性)

緊急時に環境試料を採取する際には、採取地点周辺の空間放射線量率が高くなり、緊急時モニタリング要員の被ばくを低減するため、採取地点での作業時間を短縮する必要がある。

また、緊急事態の発生直後においては、限られたリソースの中でも、迅速、かつ、適確に環境試料を採取できるようにする必要がある。

緊急時における環境試料採取法は、平常時の試料採取法と大きく異なるものではないと考えられるため、平常時の試料採取法を参考にして、緊急時の特殊性(作業の迅速性、簡便性)を考慮して検討する。

緊急時の特殊性については、試料採取方法を検討するときだけでなく、採取場所の選定などの状況下でも考慮する必要がある。例えば、緊急時モニタリングにおいては、同一地点を継続的に採取することがあることから、試料を採取しやすい地点を選定して、作業の迅速性を向上させることも重要と考えられる。

また、試料採取について平常時から訓練を実施することにより、緊急時における作業が迅速に進むことが期待できる。

(3) マニュアル記載内容の検討

放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」と関連するマニュアルとの整合性の確認を含め、緊急時における試料採取法の記載内容を検討した結果を表 4.2.3.6-1 及び表 4.2.3.6-2 に示す。

具体的な事例としては、放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」の土壤、陸水に記載されている採取場所、試料採取量等を整理した後、緊急時の採取方法を検討した。平常時、緊急時の試料採取法のそれぞれを一覧表に取りまとめた。

① 土壌

表 4. 2. 3. 6-1 マニュアル記載内容の検討結果(例：土壌)

分類	「緊急時における環境試料採取法」	No.16「環境試料採取法」	
	土壌	農耕地土壌	未耕地土壌
採取場所	・固定観測局設置地点、電子式線量計設置地点等のうちOIL2の基準を超過した地点 ・大気モニタ設置地点等大気中の放射性物質の濃度を測定している地点 これらの地点周辺の土壌を採取する。原則として、裸地から採取する。	作物の種類、肥培管理などを考慮に入れて、その地域の代表する土壌を選定	小植物による植皮があり、表面流出などによる侵食及び崩壊がなく、周囲に建造物及び人為的攪乱のない場所を選定
試料採取部位	表層土壌 事故の進展状況に応じて、深度分布調査を実施することがある。	表層のほか、目的により表層以下の層からも採取する	
試料採取量	小型の測定容器(U-8容器) 1個分以上 ただし、放射性物質の濃度によっては、処分できない場合があるため、必要以上には採取しないこと。	分析用、保存用などを含めて新鮮土として少なくとも2~3kg	
採取器	土壌採取器(a)(内径5~8cm、高さ5~20cm)	土壌採取器(a)(内径5~8cm、高さ20cm)	
	—	土壌採取器(b)(内径5~8cm、高さ70~100cm)	
	小型の測定容器(U-8容器)	—	
	スクレーパープレート 深度分布調査を実施する場合に用いる	—	

分類	「緊急時における環境試料採取法」	No.16「環境試料採取法」	
	土壌	農耕地土壌	未耕地土壌
採取用具及び容器	—	検土杖(長さ100cm、鋼鉄製)	
	ショベル、移植ごて	ショベル、移植ごて	
	ハンマー	ハンマー	
	巻尺、ロープ、割りばし	巻尺、ロープ、荷札、割りばし	
	ビニール製シート、小型の測定容器、ポリエチレン製袋、テープ	ビニール製シート、ポリエチレン製袋、テープ	
	GPSカメラ(写真撮影時に緯度経度の情報が付加されることが望ましい。)	地図25000分の1	
試料採取方法	採取地点が裸地とは限らないことも考えられるため、土壌に混在する植生を除去することなく採取することがある。	地表面の枯草、木片などを取り除く	
	土壌採取器を地表面におき、目的の深さまで打ち込む。	土壌採取器を地表面におき、目的の深さまで打ち込む	
	ショベルを用いて採取器を周辺の土壌ごと掘り出し、土壌を採取する。	ショベルなどにより、採取器の外圍の土壌を取り除き採取器を回収し、採取器内の土壌をポリエチレン製袋に入れる	
	容器をひっくり返し、余分な土壌を削り取り、残った土壌をポリエチレン製袋に入れ、袋の中で十分に攪拌する。攪拌した土壌を小型容器に戻して、蓋をする。	各地点から採取した土壌をポリエチレン製袋に入れて持ち帰り、重さをはかる	
試料の輸送	目的によっては、採取地点当たり5ポイント程度採取することがある。	10アール当たり水田では5か所、畑では8か所	農耕地よりも採取地点数を多くすることが望ましい
	試料をポリエチレン袋、小型容器に入れて、汚染防止のためポリエチレン袋で二重に梱包する。	ポリエチレン製の袋または広口瓶に入れて梱包し輸送	
備考	単位面積当たりの沈着量を求めるために、採取面積、採取量を記録する。	単位面積当たりへの換算係数を求めるためには、採取面積、新鮮土重量、乾土重量及び乾燥細土重量をはかる	

「緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)」の記載内容
赤字：「緊急時における環境試料採取法」として追加するもの

②飲料水及び陸水

表 4. 2. 3. 6-2 マニュアル記載内容の検討結果(例：飲料水及び陸水)

分類 試料区分	「緊急時における環境試料採取法」		No.16「環境試料採取法」	
	飲料水	河川水	上水	河川水
採取場所	(放射性物質が放出中) UPZ内の水源等から供給される浄水場の浄水又は公的施設(役場等)の蛇口の内、屋外に出ることなく採取可能な場所が望ましい(放射性物質の放出が収まった直後) UPZ内(PAZを含む。)の水源等から取水している全ての浄水場の浄水	河川水の採取しやすい場所を選定 ただし、その河川の特異的な場所(部分的に滞留する場所等)は避ける 増水時の濁流は対象としない	・源水 取水口中心部にて採取 ・蛇口水 家庭内などの蛇口	・河川の流心部表面水 排水等流入があれば合流点下流の十分に混合している場所を選定 増水時の濁流は対象としない
試料採取量	2~4L程度(※2Lマリネリ容器で測定することを前提)		全β用約2L、放射化学分析用20~100L、γ40~60L	
採取器	—	取っ手つきポリエチレン製バケツ、ひしゃく	—	取っ手つきポリエチレン製バケツ、ひしゃく
	大型ポリエチレン製漏斗	—	大型ポリエチレン製漏斗	—
採取用具 及び容器	—	ロープ	—	ロープ
	塩酸(12mol/L程度)もしくは硝酸(13mol/L程度)		塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1)	
	試料容器		試料容器	
	温度計		温度計	
pH測定器		pH測定器		
GPSカメラ(写真撮影時に緯度経度の情報が付加されることが望ましい。)		地図25000分の1		

分類 試料区分	「緊急時における環境試料採取法」		No.16「環境試料採取法」	
	飲料水	河川水	上水	河川水
試料採取方法	蛇口水はあらかじめ数分間放水 放出中の水で漏斗及び試料容器、保存容器を2~3回洗浄する。 漏斗を用いて試料容器、保存容器に採取する。	ロープの一端をバケツの取手に結び、他端を橋、船体、その他適当な場所に結ぶ バケツで採水し、バケツと漏斗試料容器、保存容器を2~3回洗浄する。	蛇口水はあらかじめ数分間放水 放出中の水で漏斗及び試料容器を2~3回洗浄する。	ロープの一端をバケツの取手に結び、他端を橋、船体、その他適当な場所に結ぶ バケツで採水し、バケツと漏斗、試料容器を2~3回洗浄する。
試料の輸送	ポリエチレン製の袋に入れて梱包し輸送		ポリエチレン製の袋に入れて梱包し輸送	
試料に関する 記録	採取機関名		採取機関名	
	採取者名		採取者名	
	試料の種類		試料の種類	
	試料番号		試料番号	
	採取日時		採取日時	
	採取場所		採取場所	
	採取状況(水温、pH等)		採取状況(水温、pH等)	
	採取方法		採取方法	
	採取量		採取量	
	処理状況(酸添加の有無、添加量)等 保存容器の種類		処理状況(酸添加の有無、添加量)等 —	

「緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)」の記載内容
赤字：「緊急時における環境試料採取法」として追加するもの

他の試料種類についても、同様な方法により、緊急時の試料採取法を今後検討する。

4.2.3.7 記載対象とする環境試料の選定

放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」、No. 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」の記載内容を踏まえ、対象候補となる環境試料を選定した。

(1) 基本的な考え方

- ①本マニュアルの利用者(地方公共団体、関係機関等の緊急時モニタリング要員)が緊急時に試料採取を実施するもの
- ②東京電力福島第一原子力発電所事故後に実施された環境モニタリングでの実績を参考
- ③生産者等から提供される試料や流通品など、本マニュアルの利用者が直接試料採取を行わないと考えられるものは、詳細な試料採取方法の記載はせず、分析・測定機関に引き渡すまでの工程における留意点を記載

(2) 検討結果

(1)の基本的な考え方を踏まえ、最終的には、表 4.2.3.7-1 にある 18 分類を新規マニュアルの対象試料案とした。その内、野菜類、果実類、魚介類等の 12 分類については、地方公共団体、関係機関等の緊急時モニタリング要員が直接試料採取を行わないと考えられたため、分析・測定機関に引き渡すまでの工程による留意点を記載することとした。

表 4.2.3.7-1 放射能測定法シリーズにおける対象試料との比較

No.24		No.16			
緊急時におけるγ線スペクトロメトリーのための試料前処理法		環境試料採取法	緊急時における環境試料採取法		
章No	分類	章No	分類	章No	分類
4	大気	2	大気浮遊じん	—	ほかのマニュアルに記載
5	降下物及び降水	3	降下物	4	降下物及び降水
		4	降水(定時降水)		
6	飲料水及び陸水	5	陸水	5	飲料水及び陸水
7	海水	17	海水	6	海水
8	土壌	6	土壌	7	土壌
		7	河底土、湖底土	8	海底土、河底土、湖底土
		18	海底土		
9	野菜類	10	野菜類	9	野菜類
10	果実類	—	該当なし	10	果実類
11	茶葉	11	茶	11	茶葉
12	穀類	9	穀類	12	穀類
13	豆類	—	該当なし	13	豆類
14	キノコ類	—	該当なし	14	キノコ類
15	海藻類	19	海産生物	15	海藻類
16	肉類	—	該当なし	16	肉類
17	牛乳	12	牛乳	17	牛乳
18	乳製品	—	該当なし	18	乳製品
19	卵	—	該当なし	19	卵
20	魚介類	14	淡水産生物	20	魚介類
		19	海産生物		
21	指標生物 (牧草を含む)	16	指標生物	21	指標生物 (牧草を含む)
		13	牧草		
—	該当なし	8	排水	—	陸水に統合
—	該当なし	15	日常食	—	削除
—	該当なし	20	トリチウム、放射性ヨウ素	—	該当試料に統合

【分類】

- 新規マニュアルの対象試料(案)
- 分析・測定機関に引き渡すまでの工程による留意点を記載するもの

4.2.3.8 降下物及び降水、飲料水及び陸水の環境試料採取法とチオ硫酸ナトリウムの添加方法の検討

昨年度改訂された放射能測定法シリーズ No. 24「緊急時における γ 線スペクトロメトリーのための試料前処理法」では、測定容器への吸着を防止するために、チオ硫酸ナトリウムを添加することとなった。

今回の緊急時採取法の制定に当たり、チオ硫酸ナトリウムの添加時期、方法について検討を行った。

(1) 放射能測定法シリーズ No. 24 における添加する試薬、添加量、添加する時期

① 添加する試薬、添加量

- 放射性ヨウ素 チオ硫酸ナトリウムを試料 1L 当たり 80~100mg を添加
- 放射性セシウム 塩酸(12mol/L 程度)又は硝酸(13mol/L 程度)を試料 1L 当たり 1mL を添加

② 添加する時期

- 試料前処理時 測定容器にチオ硫酸ナトリウムを添加
- 試料長期保存時 保存容器に塩酸又は硝酸を添加

(2) 添加時期、添加方法の検討

昨年度の検討実験の結果を踏まえ、①~④に示した条件のもとに、添加時期、添加方法の検討を行った。

- ①放射性ヨウ素に対しては、チオ硫酸ナトリウムの添加が有効
- ②放射性ヨウ素が試料容器に吸着することを考慮すると、できるだけ早い時期にチオ硫酸ナトリウムを添加
- ③添加時期としては、試料採取時に添加することが効果的
- ④放射能測定法シリーズ No. 24「緊急時における γ 線スペクトロメトリーのための試料前処理法」の操作フローを踏まえ、試料採取から試料保存までの一連の作業工程を考慮して添加方法を検討

(3) 検討結果

検討結果を、以下の①~③及び図 4.2.3.8-1 に示す。

- ①放射性ヨウ素に関しては、試料容器に採取した試料を入れた後、チオ硫酸ナトリウムを添加する。
- ②放射性セシウムに関しては、保存容器に採取した試料を入れた後、塩酸又は硝酸を添加する。
- ③チオ硫酸ナトリウム、塩酸又は硝酸の添加量は、放射能測定法シリーズ No. 24「緊急時における γ 線スペクトロメトリーのための試料前処理法」と同様とする。

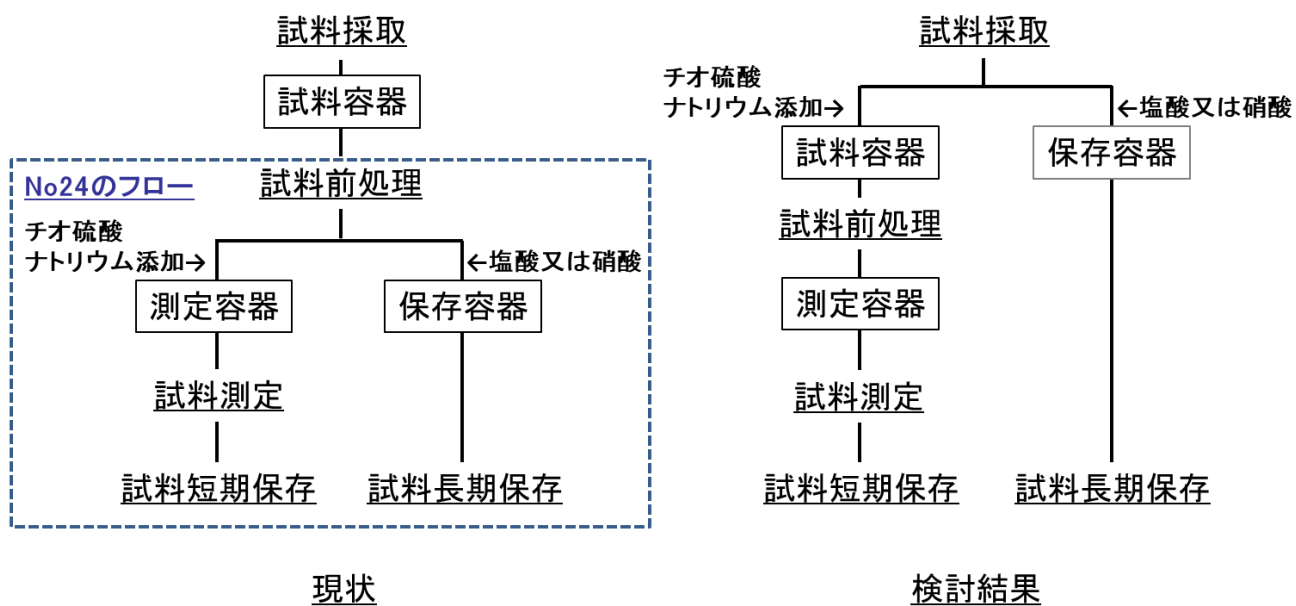


図 4.2.3.8-1 降下物及び降水、飲料水及び陸水における試料採取から試料保存までの作業工程

4.2.4 マニュアル作成の方向性

4.2.4.1 緊急時における環境試料採取法の現状

緊急時における環境試料採取法に関する現状としては、以下の点が挙げられる。

- 緊急事態が発生した場合、モニタリングセンターに参集した地方公共団体、関係機関などの緊急時モニタリング要員によって、緊急時における環境試料採取が実施される。
- 緊急時における環境試料採取を経験した緊急時モニタリング要員が少ない。
- 緊急時の環境試料採取方法については、標準的な方法は定められていない。
- 緊急事態が発生した直後には、緊急時モニタリング結果が周辺住民等への防護措置の判断に使用されることから、特に、早急に環境試料採取を実施できるように、その手順を定めておくことが重要である。

本マニュアルに必要とされるのは、「緊急事態が発生した場合、緊急時モニタリング要員が、迅速、かつ、適確に環境試料採取を行うことができる体制を構築するためのガイドラインを示すこと」と考えられる。

4.2.4.2 「緊急時における環境試料採取法」の必要要件

放射能測定法シリーズは、原子力災害対策指針の補足参考資料の下位文書として位置づけられ、モニタリングに用いるべき標準的な手法を定めるものとされている。新規に作成される「緊急時における環境試料採取法」と指針類、他の放射能測定法シリーズとの位置づけを図4.2.4-1に示す。

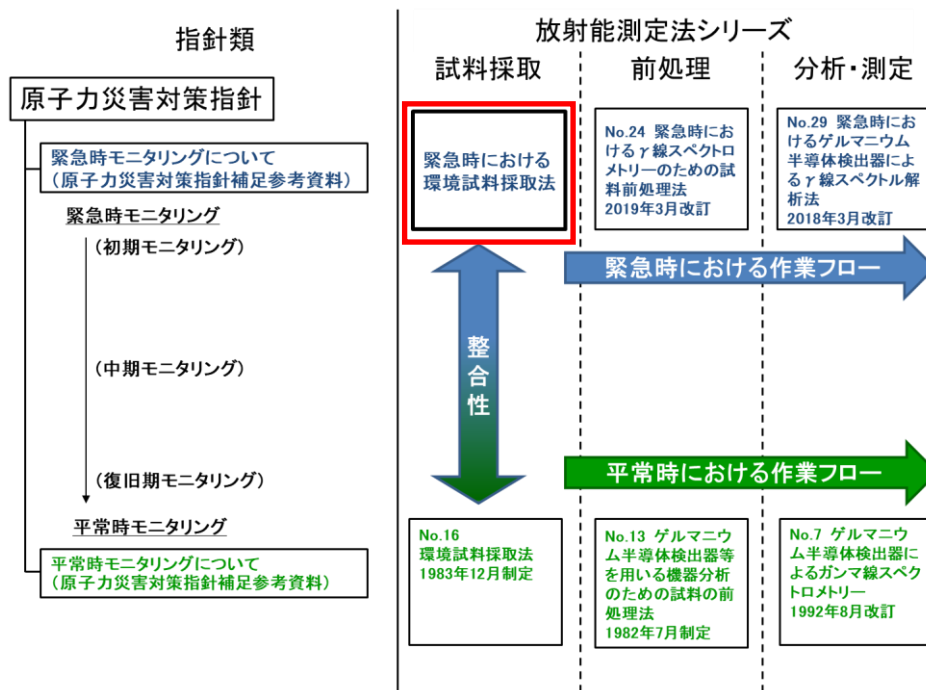


図 4.2.4.2-1 「緊急時における環境試料採取法」の位置づけ

新規に作成するマニュアルの対象者は、試料採取を実施する緊急時モニタリング要員であり、緊急時モニタリング計画を企画する際に、試料採取の手法の考え方を理解するため、モニタリング計画の企画者も対象に含める。

環境試料を採取する際には、空間放射線量率が高くなることから、採取地点での作業時間を短縮するなど緊急時モニタリング要員の被ばく対策を十分に行う必要がある。併せて、要員の安全対策、試料の相互汚染防止対策についても考え方を整理しておく必要である。

緊急時における環境試料採取法は、平常時の試料採取法と大きく異なるものではないと考えられるため、平常時の試料採取法を参考にして、緊急時の特殊性(作業の迅速性、簡便性)を考慮して検討する。また、緊急事態の発生直後においては、限られたリソースの中でも、迅速、かつ、適確に環境試料を採取できるようにすることが重要である。

よって、緊急事態の発生に備え、放射能測定法シリーズ「緊急時における環境試料採取法」を整備する必要がある。

4.2.4.3 マニュアル作成の方向性(基本方針)

本年度実施した検討結果を踏まえ、次年度に新規マニュアル原案を作成するための方向性(基本方針)を次のようにすることを提言する。

- ①緊急時モニタリングにおける試料採取を実施する関係者(地方公共団体、関係機関等の緊急時モニタリング要員、モニタリング企画者)を対象としたマニュアルとする。
- ②試料採取する際の緊急時モニタリング要員の被ばく対策を検討する。
- ③既に改訂された放射能測定法シリーズ No. 24「緊急時におけるγ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」の内容を踏まえ、対象試料を選定する。
- ④緊急時における試料採取法としては、平常時の試料採取法を参考として、緊急時の特殊性(迅速性、簡便性)を考慮した方法を採用する。
- ⑤緊急事態発生直後における緊急時モニタリングでは、限られたリソースの中で実施することも考えられるために、初動対応を中心とした実用性のあるマニュアル構成とする。
- ⑥東京電力福島第一原子力発電所事故時における経験、教訓等を活用する。また、他の事故の事例、文献、海外のマニュアルの試料採取法を参考とする。
- ⑦写真や図を多用するなどして、分かりやすい記載とする。
- ⑧緊急事態経過後における緊急時モニタリングでは、住民等と環境への放射線影響評価する際に、初動対応より精度が高いものが求められる。その際の試料採取法の要点について取りまとめる。

4.3 緊急時におけるストロンチウム分析法改訂案の修正

平成 28 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業で得られた「緊急時における放射性ストロンチウム分析法の改訂案」について、放射性ストロンチウム迅速分析法（土壌及び海水）に関する国際原子力機関（IAEA）から正式に公表された際には、引用箇所を含めて改訂案の修正について検討を行うこととしていた。

本年度、国際原子力機関（IAEA）における放射性ストロンチウム迅速分析法（土壌及び海水）報告書の公開に向けた進捗状況を調査した。同機関からは令和元年度末現在、当該報告書が公開されておらず、公開は令和 2 年度以降となることを確認した。

5. まとめ

本年度に実施した業務は以下のとおりである。業務に当たっては、専門的知見を持つ者から意見を聴取する等、技術的妥当性に留意するとともに、適宜、原子力規制庁担当官と調整を行った。

(1) 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」の改訂案の作成

平成 30 年度放射線対策委託費（放射能測定法シリーズ改訂）事業の成果を踏まえ、マニュアル改訂案を作成した。追加検討事項として、ピーク効率変換 (Efficiency Transfer) の検討を行い、成果をマニュアル改訂案に反映させた。

(2) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討

新たに「放射能測定法シリーズ 緊急時における環境試料採取法」を作成するために必要な検討を実施した。

(3) 緊急時における放射性ストロンチウム分析法の改訂案の修正

国際原子力機関（IAEA）における放射性ストロンチウム迅速分析法（土壌及び海水）報告書の公開に向けた進捗状況を調査した。同機関からは令和元年度末現在、当該報告書が公開されておらず、公開は令和 2 年度以降となることを確認した。

(4) 専門的知見を持つ有識者からの意見の聴取

外部専門家や地方公共団体のモニタリング関係者等の専門的知見を持つ有識者で構成される改訂検討委員会を設置し、測定法の改訂内容の検討等を実施した。

(5) 報告書の作成

(1)～(4)の結果を取りまとめるとともに、業務報告書を作成した。

参考資料 1 平成 31 年度 放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨

令和元年度 第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨

1. 日時 令和元年7月24日(水) 9:30~11:50
2. 場所 航空会館 501会議室
3. 出席者(敬称略)

委員長	中村尚司	東北大学
委員	阿部琢也	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	阿部幸雄	福島県環境創造センター
	乙坂重嘉	国立大学法人東京大学
	木村芳伸	青森県原子力センター
	三枝純	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	玉柿励治	福井県原子力環境監視センター
	細見健二	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	柚木彰	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	長尾誠也	金沢大学(欠席)
原子力規制庁	小此木裕二企画官、二宮久課長補佐、武藤保信解析評価専門官、 松田秀夫解析評価専門官、斎藤公明技術参与	
オブザーバー	セイコー・イージーアンドジー(株)(板津英輔、阿部敬朗)、 ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株)(武藤儀一、酒井国博)	
事務局	公益財団法人 日本分析センター 川原田、磯貝、太田(裕)、前山、伴場、宮田	
4. 議題
 - (1) 放射能測定法シリーズ改訂事業について
 - (2) 実施計画、検討事項及び調査方法について
 - (3) その他
5. 配付資料
 - 資料 1-1 令和元年度放射能測定法シリーズ改訂検討委員会 委員名簿
 - 資料 1-2 令和元年度放射能測定法シリーズ改訂事業について
 - 資料 1-3-1 放射能測定法シリーズ No.7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」の改訂案の作成
 - 資料 1-3-2 「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」に係る検討事項のまとめ
 - 資料 1-3-3 Efficiency Transfer の検討
 - 資料 1-4-1 「緊急時における環境試料採取法(新規)」の検討の進め方
 - 資料 1-4-2 「緊急時における環境試料採取法(新規)」における現状調査報告
 - 資料 1-4-3 海外のマニュアルにおける試料採取方法について
 - 資料 1-5 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について常備資料
 - 緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)

放射能測定法シリーズ

- ・ No. 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
- ・ No. 16 環境試料採取法

6. 議事概要

議事に先立ち、原子力規制庁小此木企画官から挨拶があった。また、日本分析センター職員より、委員の紹介後、本委員会の委員長を中村委員に依頼した。

(1) 令和元年度放射能測定法シリーズ改訂事業について

事務局より、資料 1-2 に基づき、令和元年度放射能測定法シリーズ改訂事業について説明があった。

(2) 実施計画、検討事項及び現状調査方法について

1) 放射能測定法シリーズ No. 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」の改訂案の作成

事務局より、資料 1-3-2 に基づき、「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」の改訂案の作成について説明があった。

①委員より、ISO11929 の導入について、最終的に Combination Assessment まで踏み込むのか、または決定しきい値等に限定した取り込みにするのかとの質問があった。事務局より、限定的な導入を考えているとの回答があった。

②委員より、現行のマニュアルにない新たな手法 (Efficiency Transfer 等) を取り入れる場合、少なくとも必要な検証等の記述が必要であるとのコメントがあった。事務局より、手法自体は確立されている場合においても特定のソフトウェア製品等を無条件に使用して良いという事ではなく、必要な検証 (妥当性確認、トレーサビリティの確保等) を行い、条件を満たした場合にその手法の利用を容認するという事を記述する形を考えているとの回答があった。

2) 放射能測定法シリーズ 7 の改訂に係る検討事項のまとめ

事務局より資料 1-3-2 に基づき、放射能測定法シリーズ 7 の改訂に関して昨年度に実施した検討結果について説明があった。

①委員より、サム効果補正のためにピーク・トータル比を測定する方法として、単色の γ 線源を用いる方法が現行マニュアルに記述されているが、改訂案では削除するのかと質問があった。事務局より、使用されているのであれば現行の方法の記述も残すとの回答があった。

②委員より、改良版ピーク・トータル比を用いたサム補正法について、Cs-134 に対するサム補正が改善されたがまだ差異が残っているように見えることから、可能であれば現行の手法で差異が生ずる原因を特定することが望ましいとのコメントがあった。事務局より、これ以上の原因の特定は困難であり、改良版ピーク・トータル比を用いたサム補正法は、現行の枠組みの中で、小規模な変更でサム補正を改善できる可能性がある点に利用価値があると考えているとの回答があった。

③委員より、 γ 線スペクトロメトリーの不確かさ評価について、サム補正に係る不確かさが 3% となっているがこれで固定するのかとの質問があった。事務局より、3% は文献から引用した暫定値であり、採用するのが妥当かどうか検討中であるとの回答があった。

- ④委員より、検出下限値の算出で ISO11929 と Cooper 法を比較した資料について、どのような条件で算出したのか、計算結果を再現するために必要な情報を付記しておくべきとのコメントがあった。
- ⑤委員より、容積線源のサム効果補正については、試料の充填高さだけでなく、材質の違い（土試料などの場合）の影響も考慮すべきとのコメントがあり、事務局より、異なる材質についての検討も行うとの回答があった。
- ⑥委員より、サム効果補正について、最近では国内でも複数の方法が検討されているので、横並びでの評価が必要であるとのコメントがあり、事務局より、国内の報告について調査するとの回答があった。
- ⑦委員より、改良版サム補正法について、本文に記述するのか解説に入れるのかとの質問があり、事務局より、解説に入れる予定であるとの回答があった。
- ⑧委員より、ユーザーの立場から見た場合、複数の方法を併記するよりは推奨する方法を記述した方がよいとのコメントがあった。事務局より、本文については原理原則を記述し、個々の手法については解説に記載することを考えているとの回答があった。
- ⑨委員より、マニュアルは実務担当者が使い易い記述にすべきとのコメントがあった。事務局より、改訂案のドラフトを次回の委員会に提示する予定であると説明があった。
- ⑩委員より、サム効果補正については、ユーザーがソフトウェアをそのまま（特に設定を変更せずに）使用することを想定し、マニュアルには、どの核種についてサム補正が必要なかを記載しておくべきであるとのコメントがあった。事務局より、モニタリングにおいて検出が想定される核種のうち、サム補正が必要なものはその旨を記載するとの回答があった。

3) Efficiency Transfer の検討

事務局より資料 1-3-3 に基づき、Efficiency Transfer の検討結果について説明があった。

- ①委員より、Efficiency Transfer の利用例（海外）では様々な形状の容器が使用されているようであるが、まずは容器を統一することを考えるべきではないかとの質問があった。事務局より、精度管理上は容器を限定した方が望ましいが、国内では実質的に U-8 容器とマリネリ容器に統一されており問題ないと考えられるとの回答があった。また、U-8 容器に限定した場合でも、Efficiency Transfer を用いた場合は 1 個の線源の実測で得られたピーク効率から任意の充填高さのピーク効率を求めることができ、線源の数を削減できることでコスト削減のメリットも得られると説明があった。
- ②委員より、ソフトウェア EFFTRAN は確かに有用であるように思われるが、他のソフトウェアとの比較も必要ではないかとのコメントがあった。事務局より、EFFTRAN を含む複数のソフトウェアで相互比較を行った例を文献で確認していると回答があった。
- ③委員より、点線源で得られたピーク効率を拡張することは従来から利用されてきた手法であるが、Efficiency Transfer を新たな方法として追加するのかという質問があった。事務局より、Efficiency Transfer は従来の方法と本質的には変わらない手法であり、従来法の発展型という位置づけでの記載を考えているとの回答があった。

- ④委員より、U-8 容器からマリネリ容器への Efficiency Transfer は可能かとの質問があった。事務局より、不可能ではないが実用的に利用するには差異の小さいジオメトリ間での transfer（例：円筒形から円筒形へ）が望ましいとの回答があった。また、EFFTRAN についてはマリネリ容器に対応した別バージョンが存在するので、それを用いて検討予定であるとの回答があった。
- ⑤委員より、Transfer を行う元となるピーク効率を得るための線源について、容器の種類毎に1つ必要となるのかとの質問があった。事務局より、ジオメトリの差異が小さい（U-8 容器から V-1 容器など）場合は共通の線源でも問題なく利用できると考えられるが、不確かさをどこまで許容するかを考慮し、妥当性を確認した上で使用するべきとの回答があった。
- ⑥委員より、通常モンテカルロシミュレーションを行った場合と Efficiency Transfer の場合で、検出器の内部ジオメトリの影響が異なる理由について質問があった。事務局より、モンテカルロシミュレーションの結果は検出器の内部ジオメトリに大きく影響を受けるが、Efficiency Transfer の場合は比をとるため検出器ジオメトリに依存する部分が相殺される結果、影響が小さくなるとの説明があった。
- ⑦委員より、「No. 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」を改訂した場合、「No. 29 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法」の内容に反映させる必要があるのではないかと質問があった。事務局より、No. 29 と No. 7 の内容は重複せず、No. 29 は平常時に係る部分について No. 7 を参照する構成となっており、また、今回の改訂では No. 7 で現在でも使用されている手法については置き換えるのではなく新しい知見が追加される形となるため、No. 7 を改訂しても No. 29 に反映させることは基本的に必要ない見込みとの回答があった。
- ⑧委員より、緊急時には様々な形状の試料容器で測定する必要があった経験から、Efficiency Transfer は有用な手法と考えられるため、No. 29 にも反映すべきではないかとのコメントがあった。事務局より、異なるサイズの円筒型容器間のピーク効率の transfer は、不確かさ等をどこまで許容するかにも依存するが基本的に可能であり、また、高レベル試料について、検出器との距離を離して測定する必要がある場合にピーク効率を求める方法としても有用と考えられるとの説明があった。
- ⑨委員より、Efficiency Transfer を用いて別の容器のピーク効率を求める場合、あまりにも自由に容器を変更可能とすると問題があるので、マニュアルの記述としては、ジオメトリの差異が小さい容器間での換算、補正に用いるというような表現が良いと考えられるとのコメントがあった。
- ⑩委員より、Efficiency Transfer を、現状の手法を置き換える、様々な形状の容器に対応できる手法として記載するのかとの質問があり、事務局より、置き換えるものではなく、現状の手法の発展型として追加することを考えているとの回答があった。
- 4) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討の進め方について
事務局より、資料 1-4-1、資料 1-4-2、資料 1-4-3 に基づいて説明があった。
- ①委員より、既刊の No. 16 「環境試料採取法」の改訂ではなく、新規に作成するのかとの質問があった。事務局より、今回は緊急時による試料採取法のマニュアルであり、No. 16 の記載内容をベースとして緊急時に追加すべき事項をまとめる方針であるとの回答が

あった。また、原子力規制庁より、測定法シリーズマニュアル全 34 冊の改訂の優先度は、緊急性・使用頻度に応じて決められており、優先度に応じて年 1~2 冊のペースで改訂・検討を行っているとの説明があった。

- ②委員より、「平常時モニタリングについて」（原子力災害対策指針補足参考資料）に記載されている「緊急時に備えて平常時の値を把握」については、今回と No.16 のどちらに分類されるかとの質問があった。事務局より、No.16 と重複しないようにしたいと考えており、採取法自体は平常時とあまり変わらないため、緊急時における留意点などの記載が多くなるのではないかと回答があった。
 - ③委員より、積雪下の試料採取について記載してほしいとの要望があり、事務局より、現在調査中であるが、積雪時についても検討したいと回答があった。
 - ④委員より、「緊急時モニタリングについて」（原子力災害対策指針補足参考資料）に記載されている土壌採取地点に関する記述「原則として裸地」とされていることについて、地方自治体として、地点数が多いため、平常時から裸地の状態のまま確保しておくことが困難であると思われる。マニュアルに具体的な記載する場合は、地方自治体がどこで採取するかを把握して記述してほしいとの要望があった。事務局より、分析機関への訪問による情報収集の際に、実際の状況を確認したいとの回答があった。
 - ⑤委員より、今回のマニュアルでは、採取の対象となる試料は緊急時の γ 線スペクトロメトリー以外の分析でも使う想定なのかとの質問があり、事務局より、対象範囲については、今後原子力規制庁と調整して進めたいとの回答があった。
 - ⑥委員より、「緊急時モニタリングについて」（原子力災害対策指針補足参考資料）に記載されている土壌採取頻度について、「放射性物質の放出が止まってから」とあるが、事故後には放出がいつ止まるか分からない状況が発生しており、その場合は放出が止まっていなくとも実施せざるを得ないと思われるので検討してほしいとの要望があった。
 - ⑦委員より、緊急時モニタリングの作業者は未経験者が多く参加することから、誰でもマニュアルを見れば作業を行えるにしてほしいとのコメントがあった。事務局より、各機関により個別の事象などもあるため、マニュアルは標準的な内容となるようにしたいとの回答があった。
 - ⑧委員より、大気試料は今回のマニュアルの対象範囲に入るのかとの質問があった。事務局より、現時点では未定であり今後原子力規制庁と調整したいとの回答があった。
- 5) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について
事務局より、資料 1-5 に基づき、現状について説明があった。
- (3) その他
事務局より、第 2 回委員会を 10 月に予定している旨の連絡があった。

以上

令和元年度 第2回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨

1. 日時 令和元年10月7日(月) 13:25~16:10

2. 場所 航空会館 B101 会議室

3. 出席者(敬称略)

委員長	中村尚司	国立大学法人東北大学
委員	阿部琢也	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	阿部幸雄	福島県環境創造センター
	乙坂重嘉	国立大学法人東京大学
	木村芳伸	青森県原子力センター
	玉柿励治	福井県原子力環境監視センター
	細見健二	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	柚木彰	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	長尾誠也	国立大学法人金沢大学
	三枝純	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(欠席)

原子力規制庁 小此木裕二企画官、武藤保信解析評価専門官、
松田秀夫解析評価専門官、齋藤公明技術参与

オブザーバー セイコー・イージーアンドジー(株)(阿部敬朗、原田克哉)、
ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株)(武藤儀一、酒井国博)

事務局 公益財団法人 日本分析センター
川原田、磯貝、太田、前山、伴場、鈴木、宮田

4. 議題

- (1) 第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
- (2) 「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」の改訂素案について
- (3) 「緊急時における環境試料採取法(新規)」の検討状況について
- (4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

5. 配付資料

- | | |
|----------|--|
| 資料 2-1 | 令和元年度第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨(案) |
| 資料 2-2-1 | 放射能測定法シリーズ No.7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」改訂素案の構成について |
| 資料 2-2-2 | 「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」改訂素案 |
| 資料 2-2-3 | 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おける検出下限値の取扱いに関する調査と回答 |
| 資料 2-2-4 | 測定法シリーズの改訂案作成に関する放調協加盟機関からの意見 |
| 資料 2-3-1 | 「緊急時における環境試料採取法(新規)」の検討状況について |
| 資料 2-3-2 | 海外のマニュアルにおける試料採取法について |
| 資料 2-4 | 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について |

常備資料

緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）

放射能測定法シリーズ

- ・ No. 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
- ・ No. 16 環境試料採取法

6. 議事概要

- (1) 令和元年度第1回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
事務局より資料2-1に基づいて説明があり、一部修正の上承認された。
- (2) 「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」の改訂素案について
 - 1) 事務局より、資料2-2-1、2-2-3に基づき「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」の改訂素案について説明があり、別紙に示す議論があった。
 - 2) 委員より、資料2-2-3に基づき、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おける検出下限値の取扱いに関する調査と回答について説明があった。
 - 3) 事務局より、資料2-2-4に基づき、測定法シリーズの改訂案作成に関する放調協加盟機関からの意見について説明があった。
- (3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について
 - 1) 事務局より、資料2-3-1に基づき「緊急時における環境試料採取法」の検討状況について説明があり、別紙に示す議論があった。
 - 2) 事務局より、資料2-3-2に基づき、海外のマニュアルにおける試料採取法の調査結果について説明があり、別紙に示す議論があった。
- (4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について
事務局より、資料2-4に基づき、現状について説明があった。
- (5) その他
事務局より、第3回委員会を12月に予定している旨の連絡があった。

以上

発言者	質問またはコメント	発言者	回答
1 委員	資料 2-2-2 p9-1 「ISO/IEC17025 の要求事項を満たすように行うことが望ましい」について、トレーサビリティ、不確かさの記述を両方とも入れるのか。	事務局	ISO/IEC17025 に言及する場合は、トレーサビリティ及び不確かさは必須であり、記述に含める必要があると考える。
2 委員	資料 2-2-1 p7 「ピーク効率の妥当性が確認されているのであれば、それを使用することは正当化されるべき」に関して、これはソフトウェアの妥当性を意味しているのか。トレーサビリティは型式等に与えられるものではないため、個々の製品について確認が必要となる。 次行の「妥当性の確認は国家標準にトレーサブルな標準線源の実測で行われるべき」が実際に行われていれば問題はな		
3 事務局	標準線源の実測でピーク効率を求め、それを用いて実際の試料の放射能を求める場合、同じ装置、測定条件で国家標準にトレーサブルな線源を測定して妥当な結果が得られれば、（その測定条件において）トレーサビリティは確保できているとして問題ないか。	委員	補正については問題ないが、①ピーク効率を求める（方法は問わない）、②得られたピーク効率を確認するためにトレーサブルな線源を使用する、というのは煩雑であり、それをするなら初めから線源を使うべきでは。
4 事務局	仮に、標準線源の実測で求めたピーク効率と、シミュレーション等で求めたピーク効率が同じであった場合、シミュレーションで求めたピーク効率は妥当であると言えるのでは。	委員	妥当ではあるが、校正は行っていないという事になると考えられる。

5	事務局	ピーク効率を数値計算のみで求めることには無理があり、実際はシミュレーションを使う際にも、実測の線源を測定した時と同じ結果を返すようにパラメータを調整する作業が必須である。これは、標準線源を測定して校正するのと本質的に変わらない事ではないのか。	委員	(完成した) 製品に対して、線源の放射能値と装置の指示値を比較するのが最もすっきりしており、敢えて話を難しくする必要はないのでは。
6	事務局	実用上の問題として、線源を確保できる測定条件には制限がある(材質、ジオメトリ等)。現状においても、トレーサブルな線源を測定した条件以外の測定条件(ジオメトリ、 γ 線エネルギー)への換算は行われている。その際に、一つの条件ではトレーサビリティを確保できたとして、他の(換算先)条件でどのようにトレーサビリティをとるべきか。	委員	(換算先が別の γ 線エネルギーであれば)、換算した先の γ 線エネルギーを持った線源を使えば良いと考える。線源での確認は必要であって、1点(Cs-137など)の測定とエネルギー依存性から求めるべきではない。 得られた測定結果に対して、自分で説明責任を負うか、線源を使った事を根拠として主張するかの違いと考える。 説明出来ることとトレーサビリティの概念は別であり、ISO/IEC17025ではトレーサビリティが要求されている。
7	事務局	トレーサビリティのとれた効率(測定条件)に換算係数を掛けてもトレーサビリティのチェーンは切れないという解釈で問題ないか。	委員	補正(換算)係数を掛けることは現在でも行われており、補足的な使い方をする分には問題ないが、現状の(改訂素案の)記述では線源についての言及がなく、何でも行えるように読めてしまう。現段階ではそのままでは言えないと考える。

8	事務局	妥当性があれば換算係数を求める際にシミュレーションを使用してはいけない理由はなく、要所（標準的なジオメトリ）において線源の実測でトレーサビリティを確保した上で、それ以外のジオメトリに対しては換算係数で補うのが現実的な運用方法と考えられる。	委員	運用上はそれで構わないと思われるが、最終的に顧客に妥当性を説明するのは測定者の責任であるため、測定者が扱いやすいように単純化されているべきと考える。現在の（改訂素案の）記述では換算について制限が無いように読めてしまうため問題がある。
9	委員	資料 2-2-2 A-1 A.2.1（不確かさについて） メーカ一から点検の際に不確かさの値が出て来ると思うが、この式が一般式なのか。 A.2.2 の最初の式は均等分布を想定していると思われるが、この式は自己吸収後の γ 線が均等である場合には有効であるが、この場合には使用できないのではないか。 A.3.9 のサム補正の不確かさは試料の条件により変わるのでは。 A.3.3 の幾何条件の不確かさ算出方法であるが、10回の測定でばらつくとは思えないため、管理範囲を設定し、最も離れた条件から適切な分布を用いて不確かさを算出すべき。計数誤差との言葉は不適切ではないか。	事務局	不確かさの算出方法及び引用文献について引き続き検討。 「計数誤差」は、「計数に係る不確かさ」等の表現に修正する。
10	委員	資料 2-2-2 序論で No.15「緊急時における放射性ヨウ素測定法」について言及があるが、No.4「放射性ヨウ素分析法」の方が関連が深く、こちらを取り上げるべきでは。	事務局	No.4に言及するように修正する。
11	委員	7-2の※2で、「過小評価を避ける」は緊急時の考え方であり、本マニュアルは平常時を対象としたものであるため、正確な定量をどうしたら良いのかに重点を置くべき。	事務局	緊急時に特化したような記述は避け、原則として平常時対応の内容を記述するように修正する。

12	委員	<p>活性炭カートリッジをそのまま測定して定量するためには同じ形状の線源が必要となるが、カートリッジにはイオン交換樹脂が使われており、低エネルギー線をカットするための金属膜も組み込まれているため、同じ形状の線源を作製することは困難である。</p> <p>このような場合に利用できる手法として、Efficiency Transfer については期待している。</p>	事務局	<p>活性炭カートリッジの測定条件に対して、Efficiency Transfer は問題なく適用できると考えられる。</p>
13	委員	<p>改訂案作成の基本方針として、「スペクトル解析の詳細な手法までを細かく規定することは行わない」には賛成であるが、資料として図などは残してもらいたい。</p>	事務局	<p>現状使われている基本的な手法については、資料として残す予定。また、実際の試料で測定されたスペクトル例等については、解説として掲載予定。</p>
14	委員	<p>本マニュアルは学生が教科書的な使い方をすることも想定されるため、式に用いる記号、文字は統一すること。</p>	事務局	<p>全体を通して矛盾がないように修正する。</p>
15	委員	<p>資料2-2-2 5.2 の測定対象エネルギー範囲について、低エネルギー側への言及がないが、現在は低エネルギー領域まで測定できる Ge 検出器があるため、低エネルギーをどう扱うのかを教えてほしい。</p>		
16	委員	<p>低エネルギー領域の測定で実際に行っているのは、LEPSで I-129 (20keV), Am-241 (60keV) である。n 型検出器であれば 3keV 付近まで測定可能であるが、通常測定対象とするのは 60keV 程度以上と思われる。</p>		
17	オブザーバ	<p>低エネルギー側は自己吸収の寄与が大きくなるため校正は難しくなる。また、X 線とのサムが顕著になり、サム補正が必須となる。Ce-139 は n 型検出器でサム効果を起こすケースが多い。</p>	事務局	<p>参考資料 2-1 p22 (ISO20042) には、60keV 以下については標準線源との比較測定を行うように書かれている。マニュアルの記述としてはこのあたりが妥当ではないかと思われる。</p>

18	委員	資料 2-2-1 の記述 「ソフトウェアが採用する解析手法の選択は、ソフトウェア作成者の責任とする」について、本文に記載するのか。	事務局	考え方を整理したものであり、この文章自体はマニュアル案には記述しない。
19	委員	自治体で、ソフトウェアを限定するために仕様書上で縛りかけた場合どのようなように記述すべきか	事務局	特定条件下でトレーサブルな線源を測定、解析して妥当な結果が得られること、等の条件を付けることは可能であるが、マニュアルに詳細な条件を記載すべきではないと考える。
20	委員	資料 2-2-2 参考資料 1-1 について、物質中での γ 線の減弱において、100keV 以下はコヒーレント散乱を考慮して計算しないと結果が合わないのでは、注意書き等が必要と考えられる。	事務局	記載内容について再検討する。
21	委員	資料 2-2-2 p7-p9 でピークサーチ感度が書かれているが、ピークサーチに関する説明がないので意味が分からない。文章の中に書く場合は、「不検出を減らすために過剰気味に設定」と記述した方が分かりやすいのではないか。	事務局	記載方法を検討する。ピークサーチの説明については簡略化したものを解説または資料として掲載することもある。
22	委員	資料 2-2-2 p7-p13 ランダムサムピークの記載があるが、平常時の測定でランダムサムピークが検出されることは通常あり得ないので不適切ではないか。	事務局	平常時には不要な記述と思われるので削除する。
23	委員	検出下限値の計算で、Cooper 法と ISO11929 の記載について、取扱い、使い分けについて記述すべき（不確かさを評価しなければ Cooper 法と一致する 等）	事務局	下限値の取扱いの記載は今後検討。
24	委員	資料 2-3-1 について、河底土、海底土を採取する際には試料の深さを記録することを記述すべき。また、乾燥するのであれば含水率の記載も推奨も推奨した方が良い。	事務局	「採取する際に試料深さを記録」する旨を記載する。また、含水率についても記載する。

25		放射性ヨウ素の容器内壁への吸着について、データとして示せるか。	事務局	昨年度実施した検討実験では、塩化ビニールの内袋では半分ほど吸着したが、チオ硫酸ナトリウムを添加したときは吸着が見られなかった。本年度、添加時期と方法について検討を行う予定。
26	委員	資料 2-3-2 p16 雪の採取について、粒子が含まれる場合があり、この手法で小分けして測定すると過小評価になる恐れがあるので記載内容は注意してほしい。	事務局	マニュアル原案作成の際に検討事項とする。
27	委員	試料の長期保存の考え方について、旧指針では ①平常時：操業前は全量保管、操業後は5年程度保存 ②緊急時：将来評価に役立つものは保存 となっているが、緊急時の採取法マニュアルには、保存の考え方や整理の仕方についてまで記載してほしい。また、緊急時から平常時へのタイミングについても記載してほしい。	事務局	試料の長期保存については、事故の大きさや保存のキヤパシティ、試料の腐敗等に応じて異なってくるため、考え方を留意点に入れる方針で考えている。緊急時（初期・中期・復旧期）と平常時の切替がまだ定まっていないが、ある程度想定しながら、記載できる範囲で記載したい。
28	委員	測定法シリーズには似たようなマニュアルが複数あり、利用者が混乱しないようにすべきと思われる。可能な範囲で解説や前書きにマニュアルの位置づけ等を記載してほしい。		
29	委員	水試料への薬品添加について、厚生労働省のマニュアルでは特に何も添加しないとされていたが、考え方はどのようなになっているか。	事務局	断片的には把握しているが、詳細については現在調べきれっていない状況である。

令和元年度 第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨

1. 日時 令和2年1月7日(火) 13:25~16:10

2. 場所 航空会館 B101 会議室

3. 出席者(敬称略)

委員長	中村尚司	国立大学法人東北大学
委員	阿部琢也	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	阿部幸雄	福島県環境創造センター
	乙坂重嘉	国立大学法人東京大学
	木村芳伸	青森県原子力センター
	三枝純	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	玉柿励治	福井県原子力環境監視センター
	細見健二	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	柚木彰	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	長尾誠也	国立大学法人金沢大学(欠席)

原子力規制庁 小此木裕二企画官、二宮久課長補佐、武藤保信解析評価専門官、
齋藤公明技術参与、松田秀夫解析評価専門官(欠席)

オブザーバー セイコー・イージーアンドジー(株)(板津英輔、阿部敬朗)、
ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株)(武藤儀一、酒井国博)

事務局 公益財団法人 日本分析センター
川原田、磯貝、太田、前山、伴場、豊岡、鈴木、宮田

4. 議題

- (1) 第2回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
- (2) 「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」の改訂案について
- (3) 「緊急時における環境試料採取法(新規)」の検討状況について
- (4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

5. 配付資料

- 資料 3-1 令和元年度第2回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨(案)
- 資料 3-2-1 放射能測定法シリーズ No.7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」改訂案について
- 資料 3-2-2 「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」改訂案
- 資料 3-2-3 改訂案に関するコメントと対応
- 資料 3-2-4 Ge半導体検出器の検出可能レベル
- 資料 3-3-1 緊急時における環境試料採取法の現状調査について
- 資料 3-3-2 福島県における緊急時モニタリングに関する現地調査報告
- 資料 3-3-3 東京電力福島第一原子力発電所事故直後における状況を踏まえた緊急時試料採取法検討に際しての意見

- 資料 3-3-4 海外のマニュアルにおける試料採取法について
資料 3-3-5 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について
資料 3-3-6 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の作成の方向性について（案）
資料 3-4 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について
参考資料 放射性核種の測定容器壁への吸着状況の検討結果
(平成 30 年度第 4 回委員会資料 4-3)

常備資料

緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）

放射能測定法シリーズ

- ・ No. 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
- ・ No. 16 環境試料採取法

6. 議事概要

- (1) 令和元年度第 2 回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
事務局より資料 3-1 に基づいて説明があり、承認された。
- (2) 「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」の改訂案について
 - 1) 事務局より、資料 3-2-1、3-2-2、3-2-3、3-2-4 に基づき「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」の改訂案について説明があった。
 - 2) 委員より、機器調整はマニュアルの対象である実務担当者が行う範囲に含まれているか、またマニュアルに記載する範囲に含まれているかとの質問があり、事務局から、機器調整は実務担当者が行う範囲に含まれている、現行マニュアルと比較すると調整する範囲が減っており、簡単な手順で十分な精度が得られると考える、との回答があった。さらに手順の記述については、事務局より、以前使われていた NIM モジュールなどでは比較的共通な操作手順があったが、現在はメーカー毎に手順が異なり、また専用のソフトウェアの操作が主体となるため、基本的な事項の記述のみにとどめた、との説明があった。
 - 3) 委員より、トレーサビリティのチェーンは換算係数が計算に使われた際に必ずしも切れるとは限らず、十分な説明または不確かさへの影響が十分に小さい場合は維持されるとの指摘があった。
 - 4) 委員より、本文についての意見があった。これらの意見はメールにて事務局に送ることとなった。
 - 5) 委員より、本文第 2 章の「用語の解説」の内容を実務担当者向けに整理した方がよいとの意見があった。
 - 6) 委員より、解説の結論の付け方として、検討結果の紹介の他にマニュアル本文の要求と関連付ける書き方もあるとの意見があった。
 - 7) 委員より、ピーク効率を求めるときは標準線源を使うとの位置付けであっているか確認があり、事務局よりマニュアルの本文には、ピーク効率を求めるときは線源を使用すると記載するとの回答があった。

- 8) 委員より、他のマニュアルで参照している部分について削除しないよう注意してほしいとの意見があり、事務局から、該当する部分については資料の方に記述を残すとの回答があった。
- 9) 委員より、改訂案のコメントについて、コメントした人と個別に相談などのやり取りをするのかとの質問があり、事務局から、対応については個別に連絡する予定であるとの回答があった。さらに、これに関連し、事務局より、コメントした委員の名前を一覧に記載した方がよいかとの質問があり、議論の結果、一覧には委員名を記載することとなった。
- 10) 委員より、解説での不確かさ評価について、本文中に不確かさの使い方を追加すべきとの意見があった。

(3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について

事務局より、資料 3-3-1～3-3-5 に基づき「緊急時における環境試料採取法」の検討状況について説明があった。

- 1) 委員より、マニュアルの対象試料から、大気浮遊じんを外した理由について質問があり、事務局より、来年度に新たなマニュアルで大気浮遊じんの検討を開始するため、このマニュアルでは対象外としたとの回答があった。
- 2) 委員より、チオ硫酸ナトリウムを添加した試料を用いて、セシウム、ヨウ素の両方を測定するという理解でよいかとの質問があり、事務局より、チオ硫酸ナトリウムを添加した試料を測定して短期保存を、塩酸を入れた方で長期保存を行うとの回答があった。
- 3) 委員より、測定用の試料に塩酸を加えて長期保存用にするのではなく、試料をはじめから測定用と保存用に分けないといけないのかとの質問があり、事務局から、現時点では2つの容器に分ける方針で考えており、作業効率については今後の議論によるとの回答があった。
- 4) 委員より、緊急時の採取方法について、土壌以外に緊急時と平常時で取り扱いが異なる試料があるのかとの質問があり、事務局から、採取方法自体は変わらないが、緊急時の特殊性として、作業効率や簡便さなどの留意点を記載したいとの回答があった。
- 5) 委員より、試料に関する記録の項目が追加されているが、緊急時の採取法ということで追加されたのかとの質問があり、事務局より、緊急時の採取法に関連するということよりは No. 16 が改訂されてから時間が経過したことから最新の内容を追加したためであるとの回答があった。
- 6) 委員より、限られたリソースの中でどこをフォーカスするか何を目的に応じた優先順位をマニュアルに記載すべきとの意見があった。
- 7) 委員より、採取した地点について、どこで採取したかの記録を写真等で記録するとよいとの意見があり、事務局より、分布調査において写真及び GPS で測定地点を記録している事例を紹介したいとの回答があった。
- 8) 原子力規制庁より、分布調査ではタブレット PC で写真や緯度経度を含めた全情報を記録・送信できるシステムを利用しており、手書きのものよりは正確さや効率の点で

有用なため、このような観点での記載もあるとよいとの意見があり、事務局より、このような機器については紹介したいとの回答があった。

- 9) 委員より、東電事故時の反省点について、何か反映した方がよいではとの意見があり、事務局より、直接試料採取に関係しない部分もあるが、留意点として書ける部分は記載したいとの回答があった。

事務局より、資料 3-3-6 に基づき、「緊急時における環境試料採取法」の作成の方向性について説明があった。

- 10) 委員より、モニタリング計画の企画者についても、マニュアル対象者も含めるべきではないかとの意見があり、事務局より、モニタリング計画の企画者についても対象者として含め、マニュアルの記載内容としては現場目線の内容を記載するつもりであるとの回答があった。
- 11) 委員より、項目として挙げられた「対象試料の選定」を入れる場合はマニュアルの対象者にモニタリング計画の立案者を入れるべきとの意見があり、事務局より、構成も含め、検討したいとの回答があった。
- 12) 委員より、地方自治体の工夫された施設や有用な知見を補足資料や付録等に盛り込んでほしいとの意見があり、事務局より、マニュアルに記載すべき情報については提供してほしいとの回答があった。
- 13) 委員より、中期・復旧期に関して論点を整理して入れる予定かとの質問があり、事務局より、平常時の試料採取法に近づいていく段階の留意点を盛り込む方針であるとの回答があった。
- 14) 委員より、試料採取法の方針としては中期・復旧期を視野に入れつつ、緊急時のデータを安全に出すことを最優先とする方向であっているかとの質問があり、事務局より、マニュアルの No24 では試料毎に短期保存と長期保存を記載しているため、これに合わせた形で長期的な部分を視野に入れながら緊急時の対応を記載したいとの回答があった。
- 15) 委員より、採取法は γ 線スペクトロメトリーに限定したものか、他のものも対象とするか教えてほしいとの質問があり、事務局より、 γ 線スペクトロメトリーに限定しないが、委員からのご意見もあるようにトリチウム分析など、少し拡大した部分までは含めたいとの回答があった。
- 16) 委員より、マニュアルの対応範囲に関する考え方は前書きに記載した方がよいとの意見があった。
- 17) 委員より、旧安全委員会の緊急時モニタリング指針にある、第 1 段階のモニタリングでは住民の防護対策を判断するもの、第 2 段階ではより精度よくモニタリングをするもので平常時の手法とほとんど変わらないものとなるが、今回のマニュアルは住民の防護対策を判断するためのモニタリングという位置付けかとの質問があり、事務局より、緊急時の特殊性を盛り込む方針であり、補足参考資料との関連があり、中期、復旧期の部分については要点としてまとめたいとの回答があった。
- 18) 委員より、今回のマニュアルは、中期でも線量が高い試料の採取にも対応できるというイメージでよいか確認があり、事務局より、その通りとの回答があった。

(4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

事務局より、資料 3-4 に基づき、現状について説明があった。

- 1) 委員より、IAEA の報告書が遅れている理由は分析方法の内容に問題があるのではなく、報告書作成に時間がかかっているためか、との確認があり、事務局より、IAEA に確認を取ったところ、分析内容は問題ないが、まとめて時間がかかっているとのことだった、と回答があった。

(5) その他

事務局より、今後の予定について連絡があった。

- 1) No7 については、コメントをメールにて 1 月 21 日までに送ってほしいとの依頼があった。また、そのコメントを反映させた改訂案を 2 月中旬に各委員に送るとの連絡があった。その後、第 4 回委員会を 3 月 4 日に予定している旨の連絡があった。
- 2) 委員より、No7 に関して、2 月中旬以降に改訂案にコメントすべき点があった場合はどのようにすればよいか質問があり、事務局より、その場合は再度コメントをしてほしいとの回答があった。
- 3) 委員より、No7 に関して、技術検討チームからのコメントの扱いはどうなっているか質問があり、事務局より現在対応中で、後ほど配るとの回答があった。

以上

令和元年度 第4回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会（メール会合）要旨

1. 日時 令和2年3月4日（水）～3月11日（水）
2. 出席者（敬称略）

委員長	中村尚司	国立大学法人東北大学
委員	阿部琢也	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	阿部幸雄	福島県環境創造センター
	乙坂重嘉	国立大学法人東京大学
	木村芳伸	青森県原子力センター
	三枝純	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	玉柿励治	福井県原子力環境監視センター
	細見健二	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
	柚木彰	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	長尾誠也	国立大学法人金沢大学

原子力規制庁 小此木裕二企画官、二宮久課長補佐、武藤保信解析評価専門官、
齋藤公明技術参与、松田秀夫解析評価専門官

事務局 公益財団法人 日本分析センター
磯貝、太田、前山、伴場、豊岡、鈴木、宮田
3. 議題
 - (1) 第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
 - (2) 「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」の改訂案について
 - (3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について
 - (4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について
4. 配付資料
 - 資料 4-1 令和元年度第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨（案）
 - 資料 4-2-1 放射能測定法シリーズ No.7 「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」改訂案について
 - 資料 4-2-2 「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」改訂案
 - 資料 4-2-3 改訂案に関するコメントと対応
 - 資料 4-2-4 測定法 No7 改訂案に係る外部専門家からのコメントと対応
 - 資料 4-3-1 緊急時における環境試料採取法に関する放調協からのご意見について
 - 資料 4-3-2 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の作成の方向性について（案）
 - 資料 4-3-3 緊急時における試料採取法の考え方について
 - 資料 4-4 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について
5. 議事概要
 - (1) 令和元年度第3回放射能測定法シリーズ改訂検討委員会要旨について
審議の結果、承認された。
 - (2) 「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」の改訂案について
改訂案に対して委員からコメントがあり、対応結果及びコメントを反映させた改訂案の修正版を各委員に送付することとした。

(3) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の検討状況について

1) 「緊急時における環境試料採取法（新規）」の作成の方向性について

委員より、以下の意見があり、一部修正することとした。

- ① マニュアル作成の方向性や考え方が分かりやすく整理されている。
- ② 試料採取に係る教訓を、事故を経験していない将来の実務者に多く伝えること、緊急時マニュアルとして簡潔に記載すること、両者のバランスをとることが必要である。
- ③ 東電事故対応に重きを置きすぎて将来の事故時に、「使いにくい」と思われまいよう、様々な事故（JCO 事故等含む）に適用可能な、汎用性（MARLAP、FRMAC、IAEA ガイドラインに共通する事項を含む）をある程度持たせる必要がある。
- ④ 特に土壌と飲食物が重要だと整理しているが、基本方針や構成案の中ではその重要性が強調されているように見えない。これらの記載を充実させていくというような方針をしっかりと打ち出してはどうか。
- ⑤ 必要要件に、相互汚染防止対策についても柱として加え、要員の安全対策（地震、津波等での身を守る対策など）についても加える必要がある。（複合災害を想定しておく必要があるため。）
- ⑥ 緊急時は、防汚、除染対策が通常時以上に求められるので、作成するマニュアルに試料ごとに記載したページに項目を設けてもよいのではないか。
- ⑦ 緊急時は発生する汚染物（ワイパー等）の処理量も制限されることが予想される。廃棄物の発生量の低減も考慮すべきであり、可能な範囲で、その方法や工夫についても記載があるとよい。
- ⑧ 調査・分析等に伴い生じた汚染を伴う廃棄物の取扱いについて言及することが必要。
- ⑨ 実施項目が 1) 環境試料、2) 大気、3) 線量率の順で記載されているが、原子力災害対策指針では最優先すべきは線量率とされており、補足参考資料でも順序は 3)、2)、1) である。補足参考資料に合わせた方がよい。

2) 緊急時における試料採取法の考え方について

委員より、以下の意見があり、マニュアル作成時に対応することとした。

- ① 現地での作業時間を短くするため、防護服等の着用訓練の実施と同様に、採取方法についても平常時から訓練すること、また、出発前に作業内容を確認することを追加してはどうか。
- ② 防護具の着用については、今後の文章化の中でポイントを図解した方がよい。
- ③ 本部から要員への適切な情報提供（指示）を追加していただきたい。（事故進展、ベント等の情報は要員の安全確保及び被ばく低減に重要なことであるため）
- ④ 「汚染範囲内での飲食・喫煙の禁止」については、被ばく低減対策としてはそのとおりであるが、現実には熱中症予防対策が優先する場面もあり、一律とするのではなく、やむを得ない場合は屋外ではなく車内で摂取するなどとした方がよい。
- ⑤ 繰り返し使用する器具類については、「採取地点付近で洗浄」とあるが、「その都度洗浄」でよいのではないか。
- ⑥ 「運転員の専任」とあるが、必要性がよくわからない。
- ⑦ 「汚染検査の実施」とあるが、使用資機材の汚染検査としては、調査開始前の点検に合わせて、調査に供する複数のサーベイメータを同じ場所で突き合わせ、異常な値を示すものを発見し、養生や機器の交換を行うか、定期的に養生を交換することが現実的。

- ⑧ 試料採取に関する情報として測位や写真撮影などによる記録の扱いはどうしていくか方針を示すべき。
- ⑨ 飲料水の採取場所の欄で、「屋外に出ることなく採取可能な場所」としているが、現実に難しい地点もあるので、「・・・が望ましい」程度にしておいた方がよい。
- ⑩ 表中、河川水の採取場所の欄で「河川の特異的な場所」は具体例で記載した方がよい。
- ⑪ 緊急時モニタリングではモニタリングの経験や実験的経験が少ない者が採取を行う可能性が高いため、試料採取時点での塩酸や硝酸の添加については、迅速性や労働安全衛生面よりも正確性を優先すべきなのかよく検討すべき。
- ⑫ 迅速性よりも正確性を優先することとなった場合は、保持担体等を試料採取時点で添加することについて検討すべき。

(4) 「緊急時における放射性ストロンチウム分析法」改訂案の修正について

資料 4-4 に基づいて現状について説明があった。本年度は IAEA から放射性ストロンチウム迅速分析法に関する報告書が公表されなかったため、当該改訂案の修正は実施しないこととなった。

以上

参考資料 2 東京電力福島第一原子力発電所事故後の環境モニタリングの実施状況

参考資料 3 放射能測定法シリーズ No16 「環境試料採取法」記載内容一覧表

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	2		3		4		5	
分類	大気浮遊じん		降下物		降水(定時降水)		陸水	
試料区分	周辺に立ち木や建造物がない、特定施設の影響を強く受けない、広い平坦地を選ぶ、屋上設置でも可		周辺に立ち木や建造物がない、特定施設の影響を強く受けない、広い平坦地を選ぶ、屋上設置でも可		周辺に立ち木や建造物がない、特定施設の影響を強く受けない、広い平坦地を選ぶ、屋上設置でも可		湖沼水	
採取場所	開口吸入部は地面より1m以上の高さ、降雨時の採取には雨よけを付ける		開口吸入部は地面より1m以上の高さ、降雨時の採取には雨よけを付ける		開口吸入部は地面より1m以上の高さ、降雨時の採取には雨よけを付ける		井戸水	
試料採取部位	—		—		—		源水	
試料採取量	0.1m ³ /minで一週間 0.2~1.0m ³ /minで数時間~24時間		通常1か月間の全量 全βのみ一部分取		24時間内の全降水量		通常の給水状態であることを確認し採取	
採取器	ローボリューム・エアサンプラー(固定ろ紙式) ヨウ素用活性炭カートリッジ装着可能 積算式ガスメーター(正確な吸引量を計測するため) ハイボリューム・エアサンプラー(固定ろ紙式)		ステンレス鋼製大型水盤(受水面積5000cm ² 、深さ30cm) 小型水盤		降水採取装置(図示)		帯水層のみの採取は極めて困難なため、考慮しない 湧水、地下水も井戸水に準じる	
採取用具及び容器	携帯移動型と大型装置		目盛付きポリエチレン製パケツ ゴム製べら 洗浄瓶		貯水瓶(ポリエチレン製、ガラス製の5L以上のもの)		湖沼中心部表面水 流入流出付近は避ける	
試料採取方法	性能確認試験 ろ紙を装着 集じんを開始(時刻と流量計の値を記録) 全吸引量を算出		月初に水を1cm以上入れておき、採取期間これを保つ。 全量を容器に採取。付着物はこすり取る 水盤の内側を既知量の水で洗浄し、加える 試料全量の容量、重さをばかる		毎日定時に採取 採取後、よく混合し、メスシリンダーではかる。 100mL以上の場合:100mL分取し、使用 100mL以下の場合:全量使用 降水量が少ない時は純水にて内部洗浄し、試料に加える		揚水管、配水管などの内部に停滞している水を流し出す パケツ、漏斗、試料容器を2~3回共洗い 規定量採取する	
	集塵終了直前の流量計の値、終了時刻を記録 積算値があれば記録		全β用の分取はよく混合した後に行う 雨季には溢れる前にその都度採取して、合算		雨季には溢れる前にその都度採取して、合算 貯水瓶は洗浄後、再使用可		採取後ただちに塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1)を試料水1Lに対して2mL添加し密栓する。 パケツに採水し、水溫を測定。必要ならばpHも測定する ろ過は原則行わない。行った場合は記録すること	

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	2		3		4		5		
	大気浮遊じん		降下物		降水(定時降水)		陸水		
試料区分	—		—		—		—		
試料の 処理方法	測定器に結める方法		イオン交換樹脂吸着法		蒸発乾固法		河川水		
	打ち抜き法(参照図)		蒸発乾固法(全β、γ)		—		3 降下物に準じる		
試料に関する 記録	灰化法		—		—		—		
	採取機関名	採取機関名		採取機関名		採取機関名			
	採取者名	採取者名		採取者名		採取者名			
	—	—		—		—			
	試料番号	試料番号		試料番号		試料番号			
	採取日時	採取期間		採取日時		採取日時			
	採取場所	採取場所		採取場所		採取場所			
	—	—		—		—			
	—	—		—		—			
	—	水盤の受水面積		水盤の受水面積		—			
	—	降水量		降水量		—			
	—	—		—		—			
	採取状況	—		—		採取状況			
採取方法	—		—		採取方法				
吸引量	採取量		採取量		採取量				
—	—		—		—				
—	—		—		—				
処理状況	処理状況		処理状況		処理状況				
処理者名	処理者名		処理者名		処理者名				
—	—		—		—				
—	—		—		—				
調製状況	—		—		調製状況				
調製者名	—		—		調製者名				
—	—		—		—				
輸送状況	輸送状況		輸送状況		輸送状況				
その他参考事項	その他参考事項		その他参考事項		その他参考事項				
試料の輸送	採取後ただちに分析を行うことが望ましい ポリエチレン製袋に付着面を内側に折りたたみテープなどでシールし輸送		ポリエチレン製の袋に入れて梱包し輸送		原則輸送しない、 パラフィルム、ポリエチレン製フィルムでシールし輸送		ポリエチレン製の袋に入れて梱包し輸送		
備考	—		—		—		—		
	記録におけるIAEA要求事項の不足分		不足なし		不足なし(降下物と同一分類)		採取深度		
	—		—		—		保管容器種類		
	—		—		—		添加物の有無および情報		
	—		—		—		予備試料の有無		
—		—		—		塩分、pH、水温(option)			
—		—		—		線量率(option)			

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	6		7		8		9		10		
	土壌		河底土、湖底土		排水		穀類		野菜類		
試料区分	農耕地土壌	未耕地土壌	河底土	湖底土	—		—		—		
採取場所	作物の種類、肥培管理などを考慮に入れて、その地域の代表する土壌を選定	小植物による種皮があり、表面流出などによる腐食及び崩壊がなく、周囲に建造物及び人為的攪乱のない場所を選定	—		排水出口の構造は施設により異なる一般環境への放出口で採取する、困難な場合には施設管理外の排水溝途中の掃除孔から		—		—		
試料採取部位	表層のほか、目的により表層以下の層からも採取する	—	目的によって異なるがなるべく流動が少ない場所を選定しておく		—		可食部		食用に供される部分		
試料採取量	分析用、保存用などを含めて新鮮土として少なくとも2～3kg	—	分析用、保存用などを含めて湿重量として少なくとも2～3kg		2～5L程度		10kg程度		10kg程度(1個体が大きく重い野菜は10個体) 豆類は5kg程度		
採取器	土壌採取器(a) 内径5～8cm、高さ20cm	—	ドレッジ式採泥器 (手で操作できる小型ものがよい)	—	—	—	—	—	—	—	
採取用具 及び容器	椀土杖(長さ100cm、鋼鉄製)	—	グラブ式採泥器 (スミス・マッキンタイア型 大型で巻き上げ機が必要)(エクマン・バージ型 比較的少ない量の海底土を採取するのに適する)	—	取っ手つきポリエチレン製バケツ、ひしゃく	—	—	—	—	刃物:包丁、かま、はさみなど	
	シヨベル、移植ごて	—	ひしゃく、スコップ(シヨベル)	—	ロープ	—	—	—	—	農耕具:くわ、スコップ	
試料採取方法	ハンマー	—	試料容器(ポリエチレン製袋または広口瓶(2～3L))	—	漏斗	—	—	—	—	容器:かご、袋	
	巻尺	—	ロープ	水深の3～5倍の長さ	—	—	—	—	—	—	
	ロープ	—	たらい	—	ゴム製手袋	—	—	—	—	—	
	荷札	—	ポリエチレン製平底、径40cm程度	—	塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1)	—	—	—	—	—	
	割りばし	—	移植ごて	—	温度計	—	—	—	—	—	
	ビニール製シート、ポリエチレン製袋、テープ	—	麻ひも	—	試料容器	—	—	—	—	—	
	—	—	はさみ	—	pH測定器	—	—	—	—	—	
	—	—	巻尺	—	地図25000分の1	—	—	—	—	—	
	—	—	ドレッジ式採泥器による方法	—	ロープの一端をバケツの取っ手に結び、他端を手すり、フックなどに結ぶ	—	—	—	—	—	非結球性の葉菜、小型果菜、根菜、いも類 圃場中央部の平均的場所数か所にて、一定半径内の全作物を採取
	—	—	クランプ式採泥器による方法	—	バケツで採水し、バケツと漏斗、試料容器を2～3回共洗い	—	—	—	—	—	結球性の葉菜、大型果菜、個体差の大きい根菜、いも類 圃場中央部の平均的場所を10か所 各所の平均的大きさの個体を一つ採取
—	—	シヨベルなどにより、採取器の外圍の土壌を取り除き採取器を回収し、採取器内の土壌をポリエチレン製袋に入れる	—	規定量採取する	—	—	—	—	—	—	
—	—	各地点から採取した土壌をポリエチレン製袋に入れて持ち帰り、重さをはかる	—	バケツに採水し、水温を測定。必要ならばpHも測定する	—	—	—	—	—	—	
—	—	10アール当たり水田では5か所、畑では8か所	—	—	—	—	—	—	—	—	

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	6		7		8		9		10		
	土壌		河底土、湖底土		排水		穀類		野菜類		
試料区分	農耕地土壌	未耕地土壌	河底土	湖底土	—		—		—		
試料の処理方法	乾燥細土の処理(乾燥、ふるい分け、重量測定)		乾燥細土の処理(乾燥、ふるい分け、重量測定)		塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1)を試料水1Lに対して2mL添加し密栓する。		乾燥(105℃)		水洗いし、食用部以外を取り除く		
試料に関する記録	縮分(イングリメント、二分器、縮分機)		縮分(イングリメント、二分器、縮分機)		ろ過は原則行わない。行った場合は記録すること		炭化		炭化(105℃)		
	粉碎(粉碎機を用いて250μm以下にする)		粉碎(粉碎機を用いて250μm以下にする)		—		灰化(500℃48時間)		灰化(500℃48時間)		
	ポリエチレン製袋または広口瓶に入れて密栓し保存する		ポリエチレン製袋または広口瓶に入れて密栓し保存する		—		ふるい(0.35mm)を通してポリエチレン製袋に密栓し保存		ふるい(0.35mm)を通してポリエチレン製袋に密栓し保存		
	採取機関名	採取機関名		採取機関名		採取機関名		採取機関名		採取機関名	
	採取者名	採取者名		採取者名		採取者名		採取者名		採取者名	
	—	—		—		—		—		—	
	試料番号	試料番号		試料番号		試料番号		試料番号		試料番号	
	採取日時	採取日時		採取日時		採取日時		採取日時		採取日時	
	採取場所	採取場所		採取場所		採取場所		採取場所		採取場所	
	—	—		—		—		—		—	
	地形・地目	—		—		—		—		—	
	土壌の種類	—		—		—		—		—	
採取状況	採取状況		採取状況		採取状況		採取状況		採取状況		
採取方法	採取方法		採取方法		採取方法		採取方法		採取方法		
採取量	採取量		採取量		採取量		採取量		採取量		
—	—		—		—		—		—		
—	—		—		—		—		—		
処理状況	処理状況		処理状況		処理状況		処理状況		処理状況		
処理者名	処理者名		処理者名		処理者名		処理者名		処理者名		
調製状況	調製状況		調製状況		調製状況		調製状況		調製状況		
調製者名	調製者名		調製者名		調製者名		調製者名		調製者名		
輸送状況	輸送状況		輸送状況		輸送状況		輸送状況		輸送状況		
その他参考事項	その他参考事項		その他参考事項		その他参考事項		その他参考事項		その他参考事項		
試料の輸送	ポリエチレン製の袋または広口瓶に入れて梱包し輸送		ポリエチレン製の袋または広口瓶に入れて梱包し輸送		原則輸送はしない 段ボールに詰めて輸送		乾燥試料または灰試料を梱包し輸送		乾燥試料または灰試料を梱包し輸送		
備考	—		—		—		—		—		
記録におけるIAEA要求事項の不足分	単位面積当たりへの換算係数を求めるためには、採取面積、新鮮土重量、乾土重量及び乾燥細土重量をはかる		水面からの採取深度 水域(種類、名)情報		水試料に準ずる		乾燥品を水で戻している場合は、その起源		乾燥品を水で戻している場合は、その起源		
採取深さ	—		—		—		—		—		
採取範囲	—		—		—		—		—		
線量率(option)	—		—		—		—		—		

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	11		12		13		14		15
	茶		牛乳		牧草		淡水産生物		日常食
試料区分	生茶	荒茶	生乳	粉乳	—		魚類	貝類	—
採取場所	—		—		—		—		—
試料採取部位	芽および葉		—		飼料とする部分		全体、可食部、内臓、筋肉、目的に応じた部位		—
試料採取量	5kg	1~2kg	5L	1~2kg	生重量で5kg		一般に数kgだが、歩留りを考慮する		成人一人が一日に飲食するもの 全て 5世帯から、ひとり分ずつ
採取器	—		—		—		—		—
採取用具 及び容器	刃物・手はさみ、動力摘採機		試料容器：ポリエチレン製 袋瓶(5L)		刃物：かま、はさみ、カッターなど 容器：かご、袋		購入、もしくは漁業関係者と相談し、目的種の最適な 採取方法を検討する		試料容器(ポリエチレン製袋または 広口瓶(3~5L) 5個 献立表
試料採取方法	手摘み 新芽を一心三葉	生産地、採取条件が 明らかでないものを工場よ り入手する	バルククーラーから採取	粉乳は同一ロットのものを 購入	当面積に採取地を10区分し、各 区分の中心部の作物を500g採取		魚類、漁業権に注意 採取依頼を漁協にするのが望ましい		特別な献立の日を除く、普通の 日に調査を行う
	はさみ摘み 1区画9m ² とし3~6か 所新芽のみを採取	—	乳缶はよく混ぜてから採取	—	—		—		—

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	16	17	18	19
分類	指標生物	海水	海底土	海産生物
試料区分	—	—	—	—
採取場所	—	—	—	—
試料採取部位	海洋は海産生物に準じる。陸上は原則、二年生葉	通常は表面海水(深度1m程度)	海底土の表面から一定の深さ	全体、可食部、内臓、筋肉、目的に応じた部位
試料採取量	分析用、保存用などを合わせて数kg	調査目的、対象核種によって異なるため、計画に従う	分析用、保存用などを合わせて湿重量として少なくとも3kg以上	一般に数kgだが、歩留りを考慮する
採取器	—	バケツ	—	—
採取用具及び容器	採取用具:ビニール袋、脚立 容器:ポリエチレン製袋	ポンプ(ホース、発電機など) 試料容器:ポリエチレン製容器(キュービテナー)20L程度のものを数個 塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1) 温度計 漏斗 ポリエチレン製バケツ60~100L	採泥器 ロープ 揚収機材 ポリエチレン製たらい 試料容器	ビームトロータル 小型底引き網 スクレイパー 磯たがね
試料採取方法	松葉 松脂防止でビニール製手袋を着用 樹高が4m以下、幹の直径が10cm以下程度の若い樹で剪定されない樹を選び、二年生葉のみを採取 1本の樹から0.2kg程度5~10本の樹から2kg程度採取する	バケツによる採取 ロープの一端をバケツの取っ手に結び付け、他端を船体に結び付けておく 船が停止した後、バケツをできるだけ遠くに投げ、着水後速やかに手前に引く 採取した海水で漏斗、バケツを数回洗浄する 採取した海水は漏斗を用いて試料容器にいれる 必要量が得られるまで繰り返し 容器に試料番号を記入、水温はバケツに採取した海水で測定、採取後、用具は真水でよく洗って乾燥	ドレッジ式採泥器による方法 クラブ式採泥器による方法	魚期に限られている場合があり、漁業権のない者は採取できないので、漁協などに依頼して採取する 未利用海藻の場合、その大部分は海面下に生えており、専業者でない人と採取は困難である 磯の未利用貝類は磯なお、潮間帯のものであれば干潮時に磯たがねなどを用いて採取できるが危険な場所も多く、採取には注意を要する
	三毛草 野草は生息地の上空が樹木で覆われていない場所 花こうなどを入れないで生の葉だけをさき取る			

放射能測定法シリーズNo.16「環境試料採取法」記載内容一覧表

章No	16	17	18	19
分類	指標生物	海水	海底土	海産生物
試料区分	葉だけを抜き取る、原則水洗いはしない	—	—	—
試料の処理方法	塩酸(1+1)もしくは硝酸(1+1)を試料水1Lに対して2mL添加し密栓	ろ過は原則行わない	—	他の生物が付着していること が多く、藻体基質には岩石の 細片が付着しがちなので注意
試料に関する 記録	乾燥(105°C)	—	乾燥細土の処理(乾燥、ふるい分け、重量測定)	遊泳生物 洗浄、重量測定、内臓 などの注意) 底生生物 砂、泥をはかせる 貝類は軟体部にする 海藻類 指標生物、生物学的調査、食品に 応じて処理法が異なるため注意(洗う、洗わない、海水、純水、真水など)
	炭化	—	縮分(インクジェット、二分器、縮分機)	炭化
	灰化(500°C48時間)	—	粉碎(粉碎機を用いて250μm以下にする)	灰化(500°C48時間)
	ふるい(0.35mm)を通してポリエチレン製袋に密封保存	—	ポリエチレン製袋または広口瓶に入れ て密封し保存する	ふるい(0.35mm)を通してポリエチレン製袋に密封保存
	採取機関名	採取機関名	採取機関名	採取機関名
	採取者名	採取者名	採取者名	採取者名
	試料名	—	—	試料名
	試料番号	試料番号	試料番号	試料番号
	採取日時	採取日時	採取日時	採取日時
	採取場所	採取場所	採取場所	採取場所
採取状況	—	—	—	—
採取方法	採取方法	採取方法	採取方法	採取方法
採取量	採取量	採取量	採取量	採取量
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
処理状況	処理状況	処理状況	処理状況	試料状況
処理者名	処理者名	処理者名	処理者名	処理者名
調製状況	—	—	調製状況	調製状況
調製者名	—	—	調製者名	調製者名
輸送状況	輸送状況	輸送状況	輸送状況	輸送状況
その他参考事項	その他参考事項	その他参考事項	その他参考事項	その他参考事項
試料の輸送	乾燥試料または灰試料を梱包し輸送	容器のふたをしっかりと締めて輸送	ポリエチレン製の袋または広口瓶に入れて梱包し輸送	乾燥試料または灰試料を梱包し輸送 生試料を輸送するときは冷凍する
備考	—	—	—	—
記録における IAEA要求事項 の不足分	該当する試料種類なし	地点情報	採取深さと範囲	乾燥品を水で戻している場合は、その起源
		採取深度	水面からの採取深度	
		保管容器種類	水域の種類(option)	
		添加物の有無および情報	水域の名称(option)	
		予備試料の有無	採取場所周辺の写真や絵、見取り図 (option)	
		塩分、pH、水温(option)		
		線量率(option)		

参考資料 4 TECHNICAL REPORTS SERIES No.486 “Guidelines on Soil and Vegetation Sampling for Radiological Monitoring”

©TECHNICAL REPORTS SERIES No.486 “Guidelines on Soil and Vegetation Sampling for Radiological Monitoring” (2019)

報告書本文では、ケーススタディとして取り上げられた、東電事故時の採取事例を紹介した。ここでは、その他の章に記載されている内容について、紹介する。

- i. GENERAL SAMPLING CONCEPTS AND PRINCIPLES
- ii. SAMPLING STRATEGIES FOR DIFFERENT CONTAMINATION SCENARIOS
- iii. SAMPLING TECHNIQUES AND EQUIPMENT
- iv. SAMPLE PREPARATION AND PROCESSING
- v. CASE STUDIES
 - v-1. SAMPLING PROGRAMMES IN THE AREAS AFFECTED BY THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT
 - v-2. SAMPLING PROGRAMMES FOR ENVIRONMENTAL MONITORING AROUND NUCLEAR POWER PLANTS IN THE RUSSIAN FEDERATION

i. GENERAL SAMPLING CONCEPTS AND PRINCIPLES(一般的なサンプリングの概念と原則)

サンプリングに関するガイダンスが ISO 18400、18589 にリストされている。それを基にサンプリング戦略について設計、最適化するが、その際には、目的、手法、計画、設計を考慮し決定する必要がある。

サンプリング戦略では「現場での放射性核種分布の潜在的な不均一性」、「地形、水域、人体構造などの特定のサイト特性」、「分析測定に必要なサンプル重量」、「処理できるサンプル数の制限」を考慮して最適化する必要である。

サンプリング方法の種類について、様々のものがあり、以下に略称及び名称(日本語訳)を示す。

- J : Judgemental sampling(ジャッジメンタルサンプリング)
- R : Simple random sampling(単純なランダムサンプリング)
- 2 : Two stage sampling(2段階サンプリング)
- ST : Stratified sampling(層別サンプリング)
- SG : Systematic grid sampling(体系的グリッドサンプリング)
- SR : Systematic random sampling(体系的ランダムサンプリング)
- C : Cluster sampling(クラスターサンプリング)
- D : Double sampling(ダブルサンプリング)
- S : Search sampling(サーチサンプリング)
- T : Transect sampling(トランセクトサンプリング)

これらのサンプリングの種類については、代表的なものを図示したものを以下に示す。

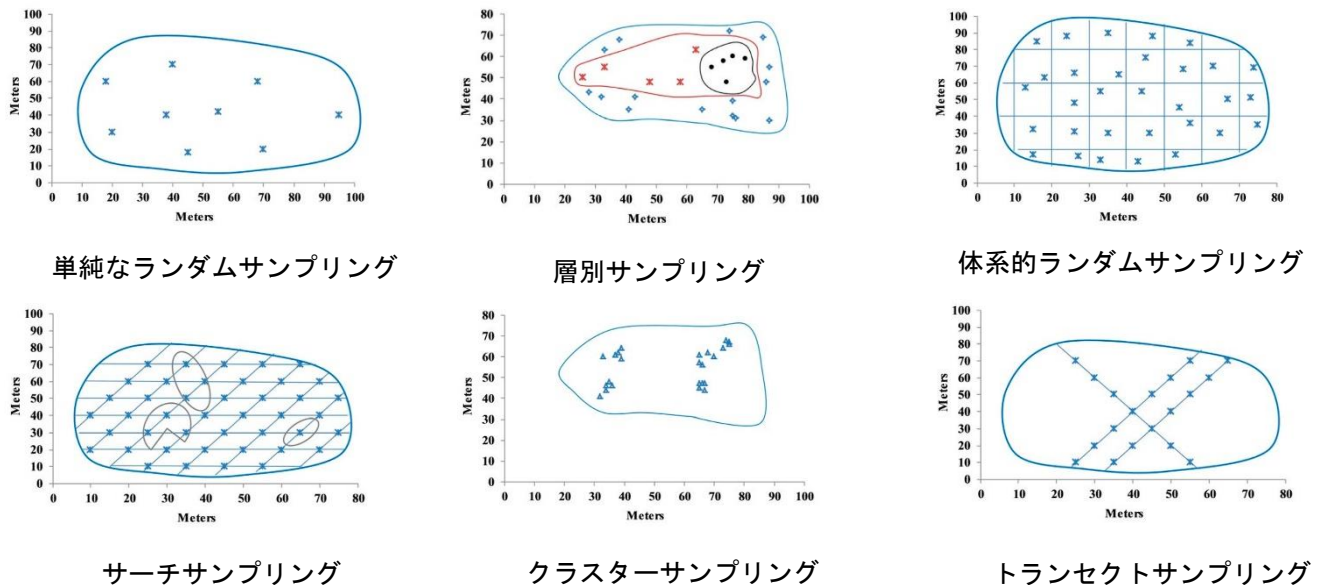


図 i-1 代表的なサンプリング方法の概要図

具体例として、体系的グリッドサンプリング(SG ; Systematic grid sampling)を取り上げた。

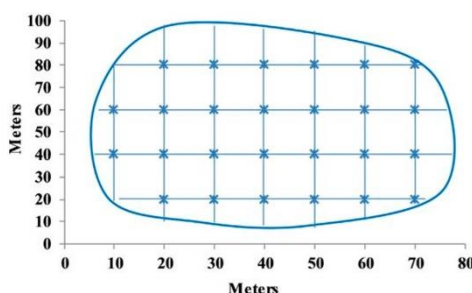


図 i-2 体系的グリッドサンプリングの概要図

この手法は最も一般的に採用されている方法であり、開始点がランダムに選択されている限り、一般的に不偏となる。エリア分割は正方形、三角形、ヘリンボングリッドを使用する。サンプルはノード（グリッドラインの交点）で採取し、サンプリンググリッドの距離は、そのエリアの大きさとサンプル数によって決定される。

体系的グリッドサンプリングは、汚染の範囲を明確にし、汚染物質の濃度勾配を定義するためによく使用される。この手法を実行する手順は比較的簡単であり、ランダムサンプリングよりも実用的と ICRU は報告している。ただし、サンプリンググリッドの解像度が粗すぎると、重要な情報が欠落する可能性がある。また調査エリアの傾向がわかっている場合、汚染の範囲を明確にしたり、除染を確認したり、フィールドのスクリーニングに体系的グリッドサンプリングは役立つ。

表 i-1 サンプリング目的に適した代表的なサンプリング方法

サンプリングの目的	サンプリング方法									
	J	R	2	ST	SG	SR	C	D	S	T
脅威を確立	X								X	
ソースを特定	X									
汚染の程度を描く					X	X		X	X	X
処理及び廃棄オプションを評価				X						
クリーンアップの確認		X	X		X	X	X		X	X
最悪のケースを監視	X									
費用対効果			X	X				X		
フィールドスクリーニング	X	X		X	X	X	X	X	X	
既知の傾向として使用	X				X		X		X	
統計的支持が可能		X	X	X						
複合サンプルとして使用		X		X	X	X			X	X

J : ジャッジメンタルサンプリング、R : 単純なランダムサンプリング、2 : 2段階サンプリング、ST : 層別サンプリング、SG : 体系的グリッドサンプリング、SR : 体系的ランダムサンプリング、C : クラスタサンプリング、D : ダブルサンプリング、S : サーチサンプリング、T : トランセクトサンプリング

土壌サンプリングの最適化

Khomutinin らによって提案された誤差比率から土壌サンプリングにおける最小必要数を求める理論を紹介している。

これは次の条件を満たす場合に限られる。

- ・土壌サンプリングを行うサイトが均一な汚染状況。
- ・サイト面積が 0.0054 m² 以上。
- ・サンプラーの仕様は直径 3.7 cm、高さ 30 cm のシリンダー型。
- ・測定誤差が 10%以内となる $\pm 2\sigma$ (0.95) を担保。

これらの条件下において次の理論式を提唱し、

$$n \geq \left\{ \frac{U(p) \cdot \sigma_{ln}}{\ln(1 + \delta)} \right\}^2$$

n: サンプルの最小必要数

U(p): 信頼確率 p における正規分布のフラクティル (ある変数がとり得る全確率の特定の割合の範囲、領域)

σ_{ln} : サンプル中の放射性核種固有の含有量の対数の標準偏差

δ : 定められた絶対誤差のサンプル当たりの比率

その関係を下図で示した。

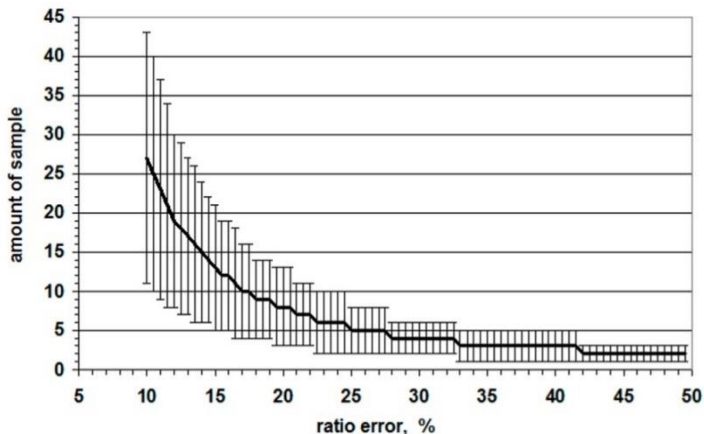


図 i-3 均一に汚染されたサイトでの ¹³⁷Cs による土壌汚染濃度の中央値を、任意の相対誤差の精度まで評価するために採取すべきサンプルの最小必要数の関係性

この図からあるエリアの土壌の汚染濃度の中央値を知るために必要なサンプルの最小数を、ある任意の相対誤差から求めることが可能となる。例えば、対象となる土壌試料の放射能濃度の中央値 (真値) から相対誤差 20% を満たす精度で調査を行うには、図よりサンプルの最小必要数は 8 個であり統計的ばらつきを考慮すると 13 個となる。サンプル数が多くなれば、統計的ばらつきを考慮する場合に必要なサンプル数 (エラーバー) が多くなっている。

ii. SAMPLING STRATEGIES FOR DIFFERENT CONTAMINATION SCENARIOS

(さまざまな汚染地域における試料採取の考え方)

サンプリングプログラムは、汚染シナリオを反映し、人々と環境に対する放射線影響評価の目的と目標に一致する必要がある。採取の場所、時間、技術の選択は、目的に適合し、放出の種類、目的とする放射性核種及び結果として予想される被ばくに対して正当化される必要がある。

(1) 緊急時モニタリングにおける試料採取（初期）

日常監視の評価や過去の事故の経験では、土壌と植物の採取などが不確定要素を含んでいた。このことから、採取や測定、データ解釈などで決まり事を決めることで不確定要素を減らす必要がある。

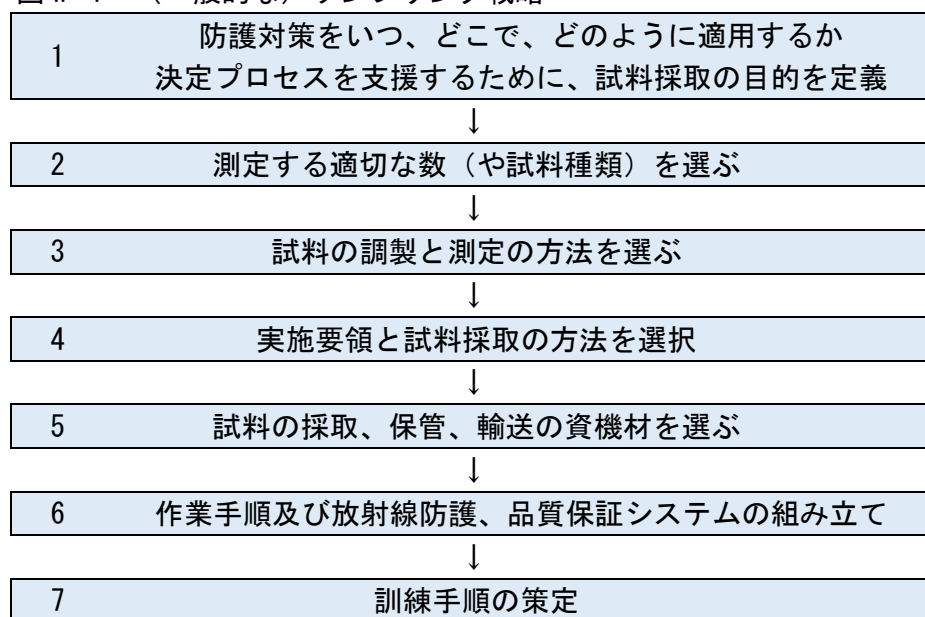
①目的、概念、原理

サンプリングプログラムは緊急時の意思決定を手助けするために必要である。試料採取では、現場作業員の被ばくを低減させるため、十分な情報を最小限の時間で得る必要がある。そのために、彼らの行動を支援するための情報の提供が必要である。事故の発生時から試料の取捨選択が必要であり、試料採取の優先順位を考える必要がある。また、事前に試料採取チームの経験も必要である。

②初期（汚染発生）

試料採取の考え方を図 ii-1 に示す。

図 ii-1 (一般的な) サンプリング戦略



(2) 発生源から放出が止まった汚染地域における試料採取（中期、復旧期）

発生源から放出が止まった汚染地域には、汚染物質の拡散を引き起こす事故や兵器実験などの影響が想定される。この場合、必要に応じて過去の残留汚染を特定し評価、環境修復する必要がある。試料採取の方針は、汚染に関する不確実性を減らすと共に、除染の必要・不必要を確認する助けにもなる。典型的な目的には国民に安心を提供することなどがある。これらの地域の特徴や、試料採取の時期、周期について書かれている。

(3) 広域モニタリングでのサンプリングプログラム

広域でのサンプリングプログラムは、汚染レベルや傾向を国や地域ごとに提供でき、かつ、代表的なデータを提供できる。典型的な目的としては、土壌などの放射能濃度のベースラインを評価するためなどがある。サンプリングプログラムは、放射線源や原子力施設から影響を受ける可能性のある地域における放射性物質の濃度変化を時間的傾向で特定できるようなものでなければならない。

(4) 核施設と汚染発生源周辺の環境モニタリングのためのサンプリングプログラム

①目的、概念、原理

IAEA 安全基準シリーズ No. RS-G-1.8 の記載を引用し、モニタリング計画の目的についての記載があり、その目的を達成するためにサンプリングプログラムを策定する必要がある。

②初期（汚染発生）

原子力施設や取扱施設から放出される放射性物質の特徴や性質について書かれており、それぞれ特質に合うサンプリングプログラムを策定する必要がある。

③試料採取地点の設定

試料の採取方法、採取場所、採取対象の種類、トレンドとデータの相互比較の必要性について書かれており、そのための環境特性として考慮するポイントについて述べている。サンプリングプログラムの運用は施設の稼働前から行う。また、稼働前の留意点、稼働中の留意点について書かれており、測定器の特性や採取方法、採取対象の種類の特徴や留意点がある。

事故または放出からの経過時期によって考え方の違いがあり、サンプリングエリアの特性ごとに次に示す。

表 ii-1 居住地域における試料採取の考え方

初期	中期、復旧期
住宅地の線量率は、個々の複雑な土地活用により大きく変動していることを考慮して、規則的に配置したグリッド内の地域で実施する。（画一的に決定*）	サンプリングエリアは、地域住民の典型的な行動を反映する必要がある。（状況を反映）

* 線量率測定の結果、 γ 線の線量率の平均値から最大30%を超える区画がある場合、この領域は不均一に汚染されていると見なし、当該エリアは再分割されて均一に汚染されたサブエリアとし、各グリッドを規則的に配置する。

表 ii-2 農耕地と未耕地における試料採取の考え方

	初期	中期、復旧期	広域モニタリング
採取	(牧草地や牧場、茅場といった) 未耕作の農地では深さ5cmまで調査	植物の植生範囲の深さ(休耕地で 10cm、耕作地で20cm)まで調査	農耕地での試料の採取範囲は、地目 や典型的な農業活動、地理的な場所、 典型的な農業周期での土の状況を考 える必要がある。
線量率	汚染発生後に耕された場所では少 なくとも20cmまでを調査 試料採取場所は、線量率測定の結果 によって決定し、汚染が比較的 均一な地域では、1つの混合試料で 十分		少なくとも10点を、対角線上および 採取地点の中心から等距離で採取し 複合試料とする。 γ線の線量率を、土壌と同じ採取地 点で地上1mと地上から2~4cmの高さ で測定
植物		可食部を処理する 牧草や作物の茎は、土壌表面から 約5cmの高さに切り取る	試料は移行係数を求めるために、収 穫地域で毎年採取 植物試料は採取場所において均一で 連続的である必要があり、サンプリ ングエリアのロットは通常1m ²
その他		汚染経路を調査する場合、土壌試 料以外に同じ採取場所から作物試 料も採取するとより良い	

表 ii-3 森林地帯における試料採取の考え方

	初期	中期、復旧期
土壌	樹木から一定の距離を離れた地点で落葉や落ちた枝も 含み、かく乱されていない表面から5cmを採取 森林地帯の外周部の汚染は、中央や開けた草原と比較 すると放出ポイントの風上側でより高くなる傾向があ るため、採取地点は森林の境界も考慮する必要がある。	樹木から等距離の地点でかく乱されていない土壌を深 さ20~40cmまで採取 雨水等が幹を伝った通過による汚染の可能性があるた め樹木の幹の近くでは採取しない。
その他	放出された放射能のほとんどは木々の上部に存在	森林地帯における土壌汚染は、樹木の近くでは大きく 異なる。

iii. SAMPLING TECHNIQUES AND EQUIPMENT (サンプリング技術と機器)

(1) 概要

土壌、植生に関する環境放射線モニタリングのためのサンプリング技術及び採取機器を紹介する。

試料採取、保存、保管の方法及び使用する機器は、次の条件により異なる。

- ・ 調査の目的
- ・ 試料の特性
- ・ サンプリング深度
- ・ サンプリング中のサイト固有の条件
- ・ 分析方法
- ・ 分析に必要なサンプルの種類と品質
- ・ その他、関連する技術的な条件

(2) サンプリング技術と機器の選択

サンプリング技術は、次の項目に基づいて選択される

- 1) どのような特性の土壌なのか？
- 2) サンプルの状態は？
- 3) 調査に必要なサンプルの量は？
- 4) どのような方法で分析し、結果の精度はどの程度必要か？
- 5) サンプリングポイントはどのような場所か？
- 6) 採取する深度はどの程度か？

さらに、コスト、安全性、資格のあるスタッフ、機器等の利用可能性、時間と環境の側面により、適切なサンプリング手法の最終選択を行う。

(3) サンプリング技術

ISO18400-101 は、土壌の均一な表面層をサンプリングするには、20cm の正方形、深さ 5cm のサンプリング フレーム (図 iii-1 参照) または幅 5cm、深さ 5cm のリングを推奨している。



図 iii-1 サンプリングフレーム

(4) サンプリング機器

① 土壌

土壌サンプリング機器は、深さ 3m の岩盤までの土壌を採取する機器等 12 種類紹介されていた。中でも、緊急時には機器の除染、洗浄を容易にできるほうが効率的であることから、使いやすく除染可能であり、表層付近を採取する機器を 3 種類取り上げたものを、表 iii-1 に示す。また、表層を採取する機器の一例を図 iii-2 に示す。

表 iii-1 土壌サンプリング機器

機器	仕様	コメント
スコップ、スパチュラ	柔らかい表層土	使いやすく除染可、安価。岩石の多い土壌では使用が難しい
表土テンプレート	5cm までの表面	使いやすく除染可、深さと広さを決めて採取可、岩の多い表面は難しい
バルブプランター	柔らかい表土	使いやすく除染可



図 iii-2 シヤベル、踏みすき、シリンダ-チューブ サンプラー

②植生サンプリング機器

植生をサンプリングするための一般的な道具には、鎌、剪定ばさみ、草刈り機、トリマー、生垣刈込用のロッパー及びノコギリが含まれる。例を図 iii-3 及び図 iii-4 に示す。



図 iii-3 剪定ばさみ



図 iii-4 鎌、草刈りばさみ

③堆積物サンプリング機器

堆積物サンプリング機器は 50m の深さまで対応したサンプリング装置を含む 6 種類が紹介されていた。その中でも一般的な表層を採取する機器と堆積物をコアで採取できる機器を表 iii-2 に示す。

表 iii-2 堆積物サンプリング機器

機器	仕様	コメント
グラブサンプラー	地表から 30cm までの堆積物	乱れたサンプル、多くの種類が利用可能
ピストンコアラー	堆積物コア	細粒の未固結土壌及び堆積物の短いコア (<1m) 及び長いコア (最大 30m)

iv. SAMPLE PREPARATION AND PROCESSING (試料調製と前処理)

(1) 概要

土壌類及び植物の採取・輸送・前処理・保存方法と記録すべき項目や作業時に注意することが一通り記載されている章である。前処理方法は物理的な方法（切断・粉碎・灰化等）のみを対象とし、化学的な分離は対象外である。

(2) 汚染と保存

試料は採取から分析の間で様々な原因によって汚染される可能性がある。しかし、前処理工程において、粉碎やふるい分けなどの定量化が難しい作業が行われるため、一般的に防腐剤や安定剤の添加は行わない。

(3) 前処理

前処理方法は、調査の目的や試料の中身の組成に応じて決定する。具体的な手順については(6)①及び(6)②を参照のこと。調査目的などに基づき、現場で前処理を行うか実験室で行うかを決定する。また、実験室に持ち込まれた全ての試料について、前処理記録票を作成する。

(4) 輸送

試料が輸送中に漏れ、他の試料等を汚染することのないように梱包を行う。また、宅配便を利用する際には、必要に応じて冷蔵便や冷凍便を利用する等、試料が変質しない輸送方法を選択する。

(5) 保存方法

5℃以下で保管することで、試料の変質を遅くすることができる。ただし、冷蔵保存中に試料中のガス成分が凝縮して試料中に溶け出す可能性がある場合、調査目的に応じて、冷蔵で保存するか常温で保存するかを選択する。

(6) 試料の前処理方法

① 土壌試料

土壌試料の前処理では、以下に示した方法が用いられる。

- 乾燥
- 粉碎
- ふるい分け
- 均質化

前処理手順の一例を以下に示す。

- 1) 試料重量を量る。
- 2) 試料全体を平らな容器に1 cm から2 cm 程度に薄く広げ、適切な器具（金属へらなど）を使用して砕く。
- 3) 混入した植物（草、根など）を取り除く。
- 4) 水分量に応じて、試料を室温または40℃未満の温度に加熱した換気キャビネットで24時間から48時間乾燥させる。
- 5) 適切な機器（乳鉢など）で残りの土塊を分解する。
- 6) 2 mm のふるいを使用して、土を分離し、ふるい上とふるい下の質量をそれぞれ記録する。

- 7) (105±10) °Cでふるい下の土を一定の重量になるまで乾燥する。なお、揮発性放射性核種を測定する場合、試料を凍結乾燥するか、(40±5) °Cを上限として乾燥する。
- 8) 乳鉢、ミキサー、またはボールミルで粉砕する。
- 9) 200 μmのふるいを使用してふるいにかけて、得られた粉末を均質化する。
- 10) 試料全体が処理されるまで、8)～9)を繰り返す。
- 11) 総粉末重量を量り、得られた質量を記録する。粉末部分(200 μmのふるい下)が測定試料になる。ふるい分けされていない部分は、質量を記録したのち廃棄する。

②植物サンプル

植物サンプルの前処理方法は調査目的に応じて適切な方法を選択する。前処理には植物の必要な部分を分離し、土壌などを除去することが含まれる。

植物試料の前処理では、以下に示した方法が用いられる。

- 切断・剥離
- 洗浄
- 粉砕・均質化
- 乾燥・灰化

揮発性放射性核種(特に放射性ヨウ素)を調査対象とする場合には、輸送、乾燥、灰化の際に気化して損失することのないよう、温度を管理する。

(7)作業一連の管理

試料採取から、試料の梱包、輸送、保管、分析に加え、残試料の最終処分まで、トレース可能な形で全ての記録を残す必要がある。

残すべき記録の例

- 採取記録票
- 採取時の試料情報
- 前処理記録票 など

また、以下に採取記録票に記載すべき情報と土壌試料の採取から分析までの処理フロー(図iv-1)を示す。

採取記録票に記載すべき情報

- 試料を識別できる番号等
- 試料の特徴
- 採取方法と使用器具(採取地点、採取機材、採取時の深さ、採取ポイント数など)
- 採取日時
- 作業者の名前
- 結果の解析に必要な情報(場所、地質や地形の情報、気象条件など)
- その他必要な情報

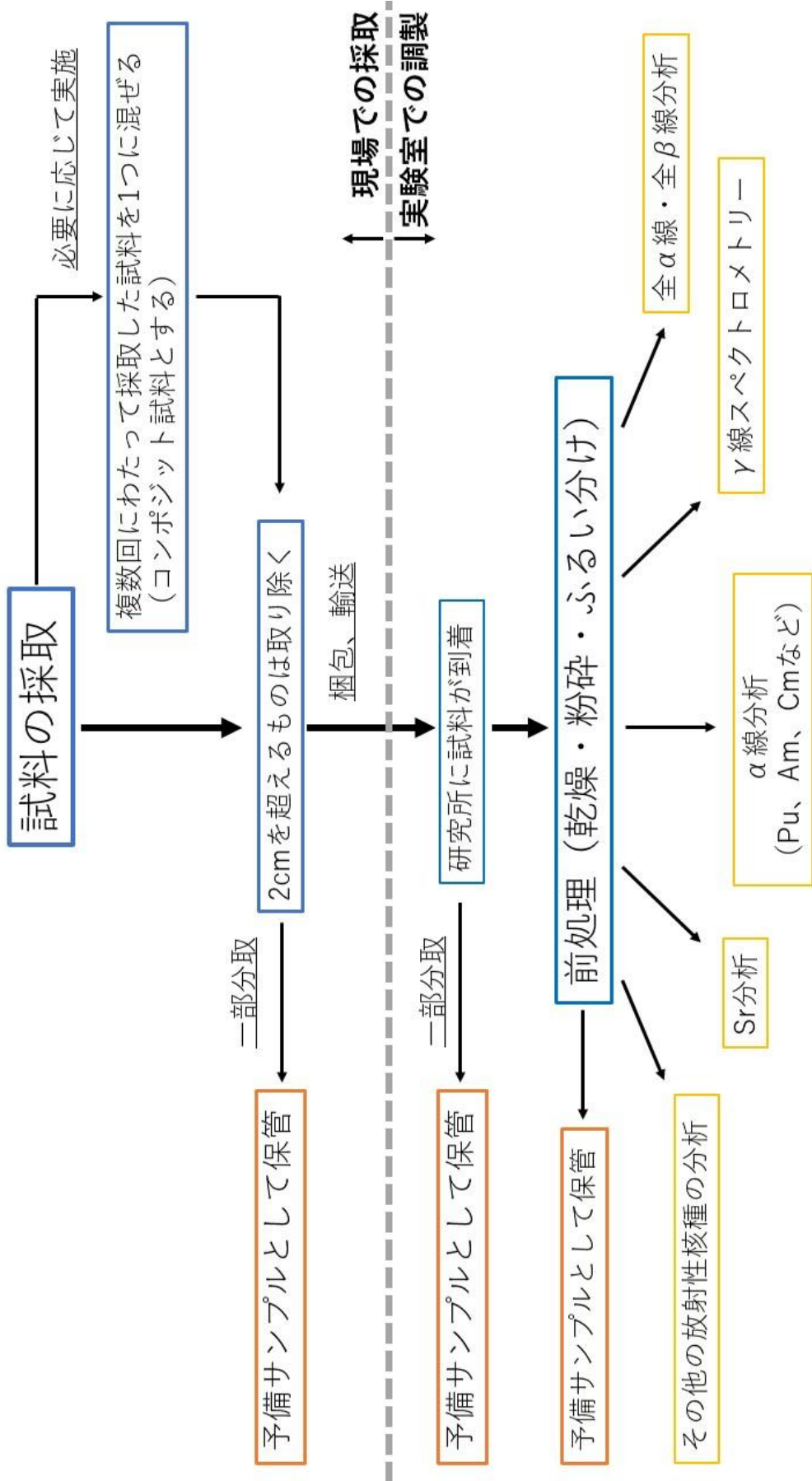


図 iv-1 土壌試料の処理フロー

(8) ISO/IEC 規格について

全体を通して、ISO や IEC を参考文献として紹介したり、一部を引用したりしている箇所が多いため、言及のある規格について、以下の表にまとめた。

表 iv-2 試料の取り扱い及びマネジメントに参考となる ISO/IEC 規格の一覧

規格番号	内容
ISO 18400-101	Framework for the preparation and application of a sampling plan サンプリング計画の準備と実施のフレームワーク
ISO 18589-2	Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples 土壌試料における サンプリング戦略の選択、サンプリング、およびサンプルの前処理のガイダンス
ISO 9000	Quality management systems — Fundamentals and vocabulary 品質マネジメントシステム – 基礎と用語
ISO/IEC 17025	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories 試験及び校正研究所の能力に関する一般要件
ISO 5667-15	Guidance on the preservation and handling of sludge and sediment samples 汚泥と堆積物のサンプルの保存と取り扱いに関するガイダンス
ISO 11464	Pretreatment of samples for physico-chemical analysis 土壌試料物理化学分析用のサンプルの前処理
ISO 18400-102	Selection and application of sampling techniques 土壌サンプリング手法の選択と適用
ISO 11465	Determination of dry matter and water content on a mass basis — Gravimetric method 質量ベースでの乾土量および水分量の決定
ISO 18400-205	Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites 自然地形、準自然地形、および耕作地の調査手順に関するガイダンス

v. CASE STUDIES(ケーススタディ)

v-1. SAMPLING PROGRAMMES IN THE AREAS AFFECTED BY THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT(チェルノブイリ原発事故の影響を受けた地域でのサンプリング計画について)

(1)概要

チェルノブイリ原発事故により大量の放射性物質が大気中に放出され、広い範囲に渡って多大な影響を与えた。特に3カ国（ベラルーシ、ロシア連邦、ウクライナ）においては大部分において汚染被害が及んだ。200,000km²を超える地域で37kBq/m²を超えるデータが観測された。

このプログラムは住民の避難と再定住のための基準、食料の生産と制限及び汚染地域の修復のために適用された。

ここでは、チェルノブイリ原発事故後原発周辺の汚染レベルを特定するためのサンプリング計画について書かれていて、1986年4月に事故が起き、5月末に放射線防護基準、6～7月に汚染マップを作成された。事故から2ヵ月後にほぼすべての農地を調査することができた。

汚染マップは空間線量率（地上高1m）と土壌及び植生の調査結果を組み合わせで作成された。

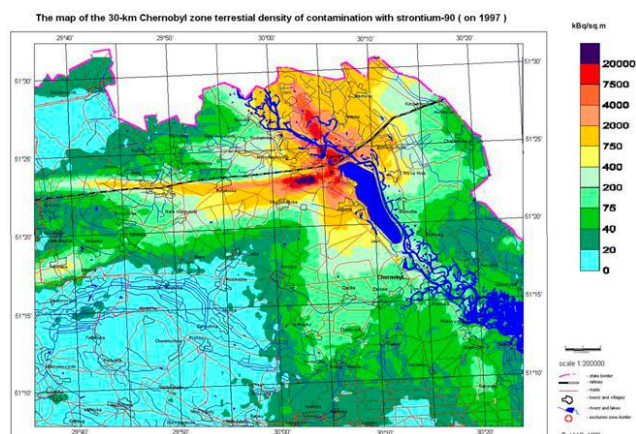


図 v-1-1 汚染マップ（30km 圏内の Sr-90 分布:1997 年）

(2)サンプリング方法

10km 圏内はソ連国防省、10km 圏外：ソ連水文気象委員会がサンプリングを実施した。

①土壌のサンプリング方法

・表土においては直径 14 cmのリングを用いて、長さ 5 cmまで打ち込んでコアサンプルとした。1ポイント当たり5カ所採取し試料とした。（サンプリング間隔は5～10m）



図 v-1-2 土壌のサンプリングの様子①

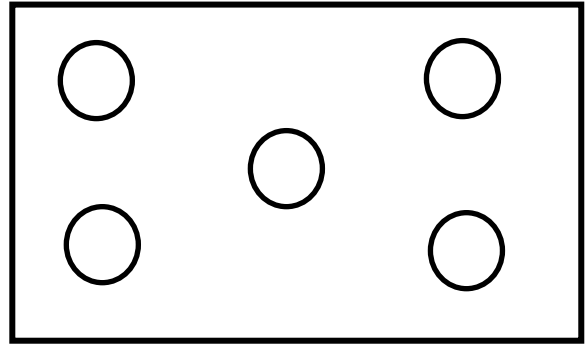


図 v-1-3 1ポイント当たり5ヵ所採取した様子

・垂直分布測定用として直径55mmの円筒サンプラーを用いてサンプリングを行った。サンプリング後コアサンプルを目的に応じて1~5cm間隔でナイフを用いて切断した。



図 v-1-4 土壌のサンプリングの様子②（垂直分布調査用）



図 v-1-5 垂直分布調査用円筒サンプラー

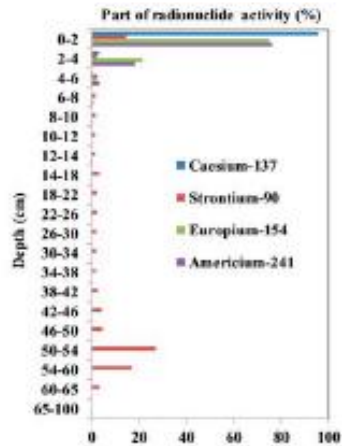


図 v-1-6 核種別垂直深度分布図

②植生のサンプリング方法

土壌と同時に収集され、土壌より 3 cm を刈取り、低い地点については少なくとも 1kg 採取した。(1m×1m)

(3) サンプリングポイント

発電所から放射状に 10° 毎に 5, 6, 7, 8, 3, 10, 12, 14, 17, 20, 25, 30, 37, 45, 52, 60km 間隔で計 540 地点採取した。(1987～1992 年まで毎年実施した。)

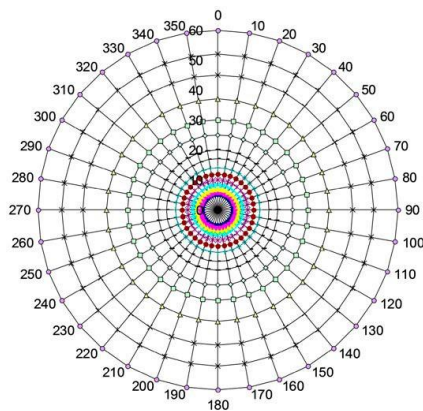


図 v-1-7 採取地点のイメージ図

(4) 農地でのサンプリング

耕地と未耕地について調査を行い、耕地については汚染の度合いにより使用の不可を判定し、未耕地については今後、農地として使用するための事前調査として実施した。

事故後 1、2 年目は 100m×100m 毎サンプリングポイントとし、線量測定、土壌及び植生のサンプリングを行い、土壌の不均質性を評価し、3 年目には草で覆われたエリアのみで調査を実施した。使用した器具については通常のリングでは固く地面に入らないため、改良されたサンプラー(刃がついていて、通常のリングより外径が 3 mm 以上大きい)を使用しサンプリングを行った。

農地での最初の調査は 1986 年の夏から秋に実施され、1987 年から春のフィールドワーク前と収穫前に土壌と植生のサンプリングを行った。

(5) 森林地域でのサンプリング

土壌、木、キノコ、果実及び他の下層種を対象に実施した。

①土壌サンプリング

- ・ 地上高 1m の空間線量及び表面汚染 (β 線) を測定した。(四半期毎)
- ・ 直径 4 cm、深さ 15~20 cm を採取
- ・ 採取地点は森林より 30~50m 以内の道路、森林、空き地、川及び湖のほとりを対象とした。

②植生サンプリング

- ・ 植生 (対象地域を構成している植物、低木、草、コケ、キノコ等) のサンプリングは専用のサンプラーで毎年行われ、木、樹皮、枝、葉、松葉は標準的な方法で収集した。(具体的な資機材の説明無し)
- ・ メインとなる種類の木を選定し定期的に採取した。(収穫期または四半期毎)
- ・ 木から樹皮、小枝、葉、種子を採取し、幹を上部、中間部、下部に切断しサンプルとした。
- ・ コケ、草、小果実類は土壌から 3 cm 以上の高さでナイフまたはハサミを使って採取した。
(平均サンプル数は 1 試料当たり 8~10 個)

v-2. SAMPLING PROGRAMMES FOR ENVIRONMENTAL MONITORING AROUND NUCLEAR POWER PLANTS IN THE RUSSIAN FEDERATION (ロシア連邦の原子力発電所周辺環境監視のためのサンプリングプログラム)

(1) サンプリングポイントの選択

モニタリング計画を立てる上で重要なステップは、サンプリングシステムの構築である。サンプリングの主な目的は、原子力発電所の状態の全体像を把握するという観点から、原子力発電所からの環境への影響を評価することである。

サンプリングシステム設計の必須条件は、代表的な試料を採取することである。

- (a) その地域の典型的な陸域生態系をサンプリング計画に含める必要がある。
- (b) サンプリングポイントの位置は、環境の典型的な要因から試料が採取されることを保証する必要がある。
- (c) 各サンプリングポイントの位置は、最も広い監視エリアを代表するものでなければならない。
- (d) サンプリングポイントを選択するときは、風の方向(風の上昇)を考慮する必要がある。
- (e) サンプリングポイントは、自然のプロセスと人間の活動の両方から形成された環境内の汚染物質の分布を反映する必要がある。

放射線源が1点の場合、最も適切な採取地点は、角度と半径で一定のピッチを持つ扇状の採取地点案となる。大気中の放射性核種の拡散に影響を及ぼす大気安定度別に必要な採取地点数は次のとおりである。

- A (最大非安定) は 15 点以上
- B (非安定) は 20 点以上
- C (弱安定) には 28 点以上
- D (はっきりしない) には 42 点以上

監視区域の外側に沿って位置するポイントの数は、風の方向の数である 8 点以上である。ただし、実際には、これらの正確なポイントでのサンプリングは、道路や集落があるため実行が困難で、監視されている地域の特性(すなわち、地質学、気候、景観、生物学、水文学及び経済)を考慮する必要がある。

(2) 土壌採取

原子力発電所周辺のサンプリングエリアは、牧草地、耕地、氾濫原、森林の景観からの 10 m×10 m の区画で構成されている。サンプリングエリア内で、envelope method (封筒法) を使用して 5 つの個別の土壌試料 (0.5 kg) を採取する。牧草地及び未耕地では、深さ 5 cm または 10 cm で土壌試料を採取する。森林では、10 cm の深さで落葉及び土壌試料を採取する。浸水地域では、土壌試料は少なくとも 20 cm の深さから採取する。

サンプリングエリア内で選択された 5 つの試料を組み合わせ、混合試料を得る。根、石、その他の異物を除去し四分法により混合試料から 1 kg の試料を取り出す。

(3) 農地の土壌サンプリング

① 耕地

耕地のサンプリング面積は、少なくとも 1 ha で、深さは 20 cm 以上です。土壌試料（10 個以上）は、畑で春の作業の前又は収穫後に、対角線上及びサイトの中央で、等距離に採取する。土壌試料は通常、直径 40~50 mm の円筒コアラを使用して採取し、10 以上の個々の試料を組み合わせで混合し、四分法によりバルクの複合試料を得る。

② 牧草地と草原

牧草地または草原のサンプリングエリアは、少なくとも 1 ha である。採取は、植物の成長期に耕作地で少なくとも 20 cm、未耕地で 10 cm の深さで行う。試料採取は、放牧期間中及び動物の飼育期間中に年に 2 回（またはそれ以上）行う。単一の混合試料は 1kg 以上採取するルートマット（牧草根や地下茎が厚く集積した層）がある場合、複合試料は 600 g 以上でなければならない。

(4) 土壌断面における放射性核種の分布

放射性核種の垂直分布は、植物への放射性核種の取り込みと蓄積、ならびに表面線量率に影響を及ぼす重要な要因である。土壌採取の方法は、景観（耕地、牧草地、氾濫原または森林）及び調査の目的に依存し、特別なサンプラーを使用する。

土壌柱状サンプリングの手順は、土壌水平サンプリングの手順と同様であるが、採取するの深さが異なる。最初の土壌試料は上層から採取され、次の試料は徐々に下層に移動して採取される。原則として、サンプリング深度は 0~2、2~5、5~10、10~20 及び 20~30 cm である。

(5) 植物採取

① 森林

森林の管理図は、種の組成、樹木の特性、下層の種の組成、バイオマス、枯れ木作物の割合などの要因の把握に利用できる。植物の判別は、主要な種の最大成長期間中に行う。放射性降下物の摂取の指標となる森林のごみは、特別に選択した場所で採取する。草試料は、土壌の試料と同じ場所で採取する。採取面積は収量に依存する。（通常 1 m²）。草が覆う地面部分、茂み及び下草は、ナイフ、植木バサミ、またはハサミ（土壌表面から 3 cm 以上）で切り取る。複合試料（1 kg）には、コケ、草及びベリーの種を含む。

② 牧草地と作物

試料は毎年収穫期に、土壌試料の採取場所と同じ場所で採取する。採取面積は収量に応じて異なり（0.25~2 m²）、拡張することもできる。植物試料の採取法は、森林の場合と同じである。作物試料を組み合わせ、混合し、得られた均質化された質量（≥10 個の個別試料）から複合植物試料（≥1~2 kg）を取得し、植物全体または特定の部分（茎、葉、果実、穀物、根）の放射性核種の濃度を個別の部分について決定する場合は、試料をポリエチレンまたはクラフト紙で包み、試料番号のラベルを付ける。試料番号には、土壌試料番号、採取日及び場所である。

別冊 1 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
(改訂案)

