廃棄物等の放射能調査・測定マニュアル
(第 2 版)

一般社団法人廃棄物資源循環学会

目次

1.はじめに **1**

2.検討体制 **2**

3.共通的事項 **4**

3-1.適用範囲 4
3-2.作業安全の確保 5
3-3.廃棄物等の放射能測定における試料取扱い事項(保管、廃棄等) 12
3-4.測定機器 15
3-5.精度管理 21

4.個別的事項 **32**

4-1.空間線量率 32
4-2.排ガス 55
4-3.粉じん(破砕施設) 63
4-4.排水、公共用水域の水 68
4-5.周縁地下水 71
4-6.廃棄物(灰、汚泥、廃稲わら、廃堆肥等) 73
4-7.溶出量 78
4-8.作業環境 83

1.はじめに

廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル（第 1 版）が、平成 23 年 11 月 11 日に公表されてから、環境省においても、「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法（放射性物質汚染対処特措法)」に基づき、事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の保管や処理の基準を定めた環境省令などを具体的に説明する「廃棄物関係ガイドライン」が策定、公表されています。これらガイドラインは六部（第 1 版では五部）で構成され、平成 23 年 12 月に第 1 版が、また、平成 25 年 3 月に改訂を受けた第 2 版が公表されており、放射能の調査・測定法に関するものとしては「第一部　汚染状況調査方法ガイドライン」、「第五部　放射能濃度等測定方法ガイドライン」が挙げられます。ガイドライン第 1 版の作成の際には本マニュアル（第 1 版）の内容が多く参考にされましたが、その後の改訂でガイドラインにも新たな情報が追加され、内容的にも充実し実務的に使いやすいものになっています。

本マニュアルは長らく改訂していませんでしたが、上記のように環境省のガイドラインが改訂されたことを踏まえて、ガイドラインと整合を取りつつ、記載されていない関連媒体や精度管理項目等の記載の充実を期すべく改訂を行い、第 2 版を公表することとしました。第 1 版の公表以来、放射能測定分析機関における測定事例の蓄積や精度管理体制の充実は非常に著しいものがあり、その反映を図るべく対応を行いました。個別の媒体ごとの調査・測定法などについては、ガイドラインで既に充実した解説がなされていることから、本マニュアルでは重要な事項を中心に記載しています。また、第 2 版の編集に際しては、平成 23 年度から 25 年度にわたり一般社団法人廃棄物資源循環学会が受託、実施した「廃棄物関連試料の放射能分析方法に関する調査委託業務」の成果について、重要知見の反映を行うよう努めました。そのような経緯から、本マニュアルは(一社)廃棄物資源循環学会の責任で作成・発出することとなりました。

本マニュアルは、事故由来放射性物質により汚染された廃棄物等の処理実務や放射能測定分析に関わる多くの関係者の協力を得て、編集がなされてきたものであります。第 1 版並びに第 2 版の執筆者、情報提供者、査読者等、関係各位に深く感謝申し上げます。

2.検討体制

第 1 版から第 2 版への改訂検討にあたっては、「平成 25 年度廃棄物関連試料の放射能分析方法に関する調査委託業務」の枠組みの下に開催された「平成 25 年度廃棄物関連試料の放射能分析検討会」の作業部会メンバー（下記）の作業により、原案作成を行いました。作業部会は、(一社)日本環境測定分析協会の放射能測定分析技術研究会(RADI 研)のメンバーで構成されています。原案は検討会委員の監修を受け、さらに査読者の確認修正を経た後、公表されました。

○平成 25 年度廃棄物関連試料の放射能分析検討会

・検討会委員メンバーの氏名と所属機関（平成 26 年 3 月 31 日現在）

颯田　尚哉	岩手大学農学部　教授
貴田　晶子	愛媛大学農学部　客員教授
酒井　伸一	京都大学 環境安全保健機構 附属環境科学センター　教授
高岡　昌輝	京都大学大学院地球環境学堂　教授
森口　祐一	東京大学工学系研究科都市工学専攻　教授
大迫　政浩	(独)国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター　センター長
滝上　英孝	(独)国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター　室長
山本　貴士	(独)国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター　主任研究員
佐々木五郎	全国都市清掃会議　専務理事
佐々木秀幸	岩手県環境生活部　特命課長
木村　尊彦	東京都環境局環境改善部長　部長
橋場　常雄	（一社）日本環境測定分析協会　技術部長
日笠山徹巳	(株)大林組エンジニアリング本部環境技術第一部　部長
高野　剛彦	アタカ大機(株)　企画開発本部環境開発部　部長
押野　嘉雄	鹿島建設(株)環境本部　本部次長
高田　博充	清水建設(株)エンジニアリング事業本部土壌環境事業部　事業部長
堀　　道義	日立造船(株)運営ビジネスユニット　運営大阪管理部　部長

・作業部会メンバーの氏名と所属機関（平成 26 年 3 月 31 日現在）

鹿島　勇治	(財)日本環境衛生センター東日本支局環境科学部計測技術課　課長
鈴木　幹夫	いであ(株)　執行役員
横田　大樹	エヌエス環境(株)総合分析センター研究開発課　課長
吉田　幸弘	(株)環境管理センター プロジェクト推進部　技術部長
上東　　浩	(株)島津テクノリサーチ環境事業部　副事業部長
前原　裕治	中外テクノス(株)関東環境技術センター技術部　課長
木名瀬　敦	(株)日立パワーソリューションズ 環境・化学分析部　主任技師
鈴木　幹之	(株)日立パワーソリューションズ 分析・計測営業部　部長代理
長谷川　亮	(独)国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター　高度技能専門員

○査読者の氏名と所属機関（平成 26 年 3 月 31 日現在）

(一社)日本環境測定分析協会　放射能測定分析技術研究会(RADI 研)

米田　稔　　京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻　教授

なお、第１版の検討時の体制は下記の通りです。

○廃棄物等の放射能調査・測定法研究会

メンバーの氏名と所属機関（平成 23 年 7 月 28 日現在）

（独）国立環境研究所 大迫政浩、山田正人、滝上英孝、倉持秀敏、山本貴士

国土交通省国土技術政策総合研究所 小越眞佐司、藤井都弥子

（財）日本環境衛生センター 鹿島勇治、伊藤恵治

京都大学 高岡昌輝

(株)環境管理センター 尹順子、吉田幸弘

中外テクノス(株) 前原裕治

いであ(株) 松村徹、鈴木幹夫

日立協和エンジニアリング(株) 大津聡、永岡英幸

(株)島津テクノリサーチ 高菅卓三、上東浩

（順不同）

○ 査読者

武部慎一、立花光夫((独)日本原子力研究開発機構)

森田昌敏(愛媛大学)

池内嘉宏((財)日本分析センター)

○ 執筆協力者

廃棄物資源循環学会災害廃棄物対策・復興タスクチーム

貴田晶子、颯田尚哉、佐々木秀幸、横田大樹、酒井伸一

3.共通的事項

3-1.適用範囲

本マニュアルは廃棄物等に係る放射能の調査、測定分析およびそれに付随する試料の取り扱いや安全管理の方法を示している。

平成 23 年 3 月における福島第一原子力発電所事故で放出された核種のうち、比較的高濃度に検出された主要な核種はセシウム 134、セシウム 137 およびヨウ素 131 である。

本マニュアルでは、放射能濃度の調査・測定においては、上記 3 つの放射性核種のうち、放射性物質汚染対処特別措置法施行規則(注1)において事故由来放射性物質として特定されているセシウム 134 およびセシウム 137(注2)を調査・測定の対象として適用する(注3)。また、空間線量率の測定においては、基本的には空間線量計を用いたγ線の測定を対象とする。

（注 1）：平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則(平成 23 年 12 月 14 日環境省令第 33 号)

（注 2）：本マニュアルでは、放射性セシウム濃度が概ね 100,000 Bq/kg 以下である試料を適用範囲として想定している。

（注 3）：ヨウ素 131 の半減期は約 8 日であることから、一般環境に放出された福島第一原子力発電所事故由来のヨウ素 131 は現状では検出されないため、本マニュアルでは適用範囲外とした。しかしながら、ヨウ素 131 は医療用途に使用されており、医療施設排水の流入などの原因で下水処理施設の汚泥やその焼却灰等から検出される可能性がある。

3-2.作業安全の確保

放射性物質に汚染された廃棄物（以下、汚染廃棄物）を取扱う作業者は、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」(以下、除染電離則)または電離放射線障害防止規則(以下、電離則)に従った行動をしなければならない。

本マニュアル適用範囲における作業場所は、除染特別地域である場合からそれ以外の地域の分析・測定室等まで想定され、作業場所の放射線レベルに差異がある。しかし、共通して放射性物質を含む試料を取扱うことから、常に作業安全の確保には留意が必要である。

除染特別地域を含め、除染等により生じた一定レベル以上の汚染廃棄物等の処理を行う場合は、除染電離則または電離則が適用され、届出業務としてそれらに沿った防護措置が事業者の責任で実施されることになるのでそれに従わなければならない。

一方、調査や試料採取等で短期間に作業する場合や分析・測定室等は法適用範囲外であるが自主的に管理し、作業者である自己の安全や一般公衆の安全に対する配慮も必要である。

本マニュアルでは、これらを対象として除染電離則または電離則に基づき記述するものである。

なお、分析・測定室等が既に管理区域内に設置されている場合は、その管理区域の放射線障害予防規程に従う。

3-2-1.作業者に関する基本事項

(1)作業前安全教育

初めて本作業に従事するものは、放射線の知識と作業内容を熟知した教育担当者から下記内容の事前教育を受け、作業安全に心掛けねばならない。

①放射線および放射能の基礎知識および生体に与える影響

②被ばく線量管理方法

③汚染廃棄物取扱い時の注意事項(身体汚染、内部被ばく、汚染拡大防止等)

④保護具の使用方法

⑤測定器の使用方法および測定方法等

⑥汚染廃棄物に含まれる有害物質の危険性と注意事項(重金属、有毒ガス、微生物等)

(2)保護具の着用

汚染廃棄物を取扱う場合は、下記保護具を着用する。また、放射能の危険性がない場合でも有害物質の危険性を考慮する。

皮膚が露出しない保護衣を着用する。

保護手袋を着用する。(ゴム手袋、軍手等)

空気汚染の危険性がある場合は、保護マスクを着用する。(ドラフト内作業やウエット工法等、試料の飛散による吸引が予防できる場合は、保護マスクの使用を免ずる場合がある。)

保護眼鏡を着用する。

なお、保護具を着用しての作業においては、熱中症対策についても考慮すること。

作業エリアの境界で履物を履き替え、汚染拡大を防止する。

表 3-2-1　除染電離則ガイドラインが示す保護具

	高濃度汚染土壌等 (50 万 Bq/kg 以上)	高濃度汚染土壌等以外
高濃度粉じん作業 (粉じん濃度 ： >10 mg/m^3)	長袖の衣服の上に全身化学防護服(例:密閉型タイベックスーツ)、ゴム手袋(綿手袋と二重)、ゴム長靴	長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴
高濃度粉じん作業以外の作業	長袖の衣服、ゴム手袋(綿手袋と二重)、ゴム長靴	長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴

(出典：除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン)

(3)作業環境の把握

作業開始前までに作業場所の放射線レベルを把握しておく。

除染等事業者が実施する作業では、事前に作業場所の平均空間線量率および汚染土壌等の放射能濃度を調査しているのでそれらを入手し放射線レベルを把握しておく。

それらの情報がない場合は、自主的に測定し、放射線レベルを把握しておくこと。(特に分析、測定室は、試料へのコンタミネーション防止のため環境放射能測定(空間線量率、表面汚染密度、空気中ダスト放射能濃度等)を定期的に実施し、記録を保存する。

(4)健康管理

本作業に従事する者は、除染電離則または電離則の規程に従い定期的に健康診断を受診し、健康管理を行う。

(5)被ばく線量の測定

除染等事業者（事故由来廃棄物等処分従事者を含む）が実施する作業では、外部被ばく線量および内部被ばく線量を測定評価することが、空間線量率、取扱対象媒体の濃度や発生粉じん濃度の程度に応じて義務付けられているのでそれに従って作業すること。特に個人測定器(ポケット線量計等)の非着用がないように注意する。(2.5μSv/h 以下では代表者での代用も可)

除染等従事者指定を受けずに除染特別区域等で作業する場合は、自主的に個人線量計を用意し、測定記録する。

なお、内部被ばく評価は、高粉じん作業または突発的に高い濃度の粉じんに暴露された場合でなければ評価しなくても良い。

分析、放射能測定室等除染特別地域から離れた作業場所では、個人線量計を着用して評価するか、環境放射線レベルを定期的に測定している場合は、計算によって評価しても良い。

外部被ばくをなるべく低く抑えるには、次の点に注意すること。

①高線量汚染物の把握

作業環境測定データおよび表示によって、高線量汚染物の有無および場所を常に把握しておくこと。

②外部被ばく防止 4 原則の適用

線源除去、遮へい、距離、時間の外部被ばく防止 4 原則を適用し、測定対象汚染物を極力少なく使用する、保管や前処理中に遮へいをする、柵や縄張り等で人がみだりに近づかないようにする、作業時間を極力短くする等により、外部被ばく低減に心掛ける。

(6)汚染拡大防止

汚染廃棄物を取扱う場合は、汚染拡大がなるべく最小限にとどまるように努力する。

もし、汚染が見つかったら直ちに除染する。

汚染拡大防止は、次の点で重要であり、作業者の基本である。

・自分や他の作業者の体表面汚染や内部被ばくの防止

・一般公衆(一般事務員含む)の放射能汚染および被ばく防止

・測定試料の汚染(コンタミネーション)防止

汚染拡大防止を行うため、次のように対策する。

①汚染状況の把握

汚染廃棄物の表面線量率、表面汚染密度、汚染廃棄物の性状(液体/固体、飛散の有無等)を開封前に把握しておく。状況に応じて、作業方法、作業場所の養生、フード等の換気設備内作業、保護具等を準備する。

②汚染廃棄物取扱場所の限定

汚染廃棄物取扱場所を限定することにより、取扱場所境界での保護具の切替(履物、着衣、手袋等)、汚染物の養生等で接触による汚染拡大を防止することができる。

また、試料保管場所、前処理室、測定室等放射線レベルの異なるエリア毎に区分して管理することで、コンタミネーションやバックグラウンドレベルの上昇を防止することができる。

③作業方法の検討

飛散しやすい粉末の汚染廃棄物は、換気設備(フード、局所排風機等)、ポリエチレン製シート養生(ハウス、カバー等)、ウエット工法等、作業方法を事前に検討する。

④汚染廃棄物の保管

汚染廃棄物試料は、二重の養生を原則とし、試料の内容が分かる表示をする。また、表面線量率が高い汚染廃棄物は、表面線量率を表示し他者へ注意喚起する。

未測定試料と測定済み試料および残材は、なるべく分けて保存すると共に、これらが区別できる表示をする。

⑤汚染検査の実施

汚染作業エリアから退出するときは、汚染検査を実施する。

⑥除染完了区域と除染未実施区域の把握

除染特別地域等およびそれ以外の地域でも除染が進んでいるが、除染未実施区域(山林等)と除染完了区域(学校、宅地、公共施設等)が同一地域に混在している状況であり、今後もしばらく続くことが考えられる。試料採取や放射線サーベイで現地を訪問するときは、除染未実施区域の汚染が除染完了区域を汚染させないよう十分配慮すること。

(7)内部被ばくの防止

内部被ばくは、経口や傷口および呼吸により体内に入る場合の他に、体表面汚染も同類とみなすべきである。

内部被ばくを防止するには、次の点に注意する。

・適切な保護具(マスク、手袋、着衣等)を着用する。
・飛散防止対策(ウエット工法等)および飛散除去対策(フード等)を適用する。
・汚染作業エリア内での飲食、喫煙を禁止する。(飲食、喫煙、用便等行う場所(または室)は、非汚染エリアとして区画して汚染作業エリアから隔離して管理し、それらの境界で汚染検査を実施する)
・作業終了後に手洗いを励行する。(汚染エリアから一時的に退出する場合も同様)
・作業中の汚染部位(ゴム手袋表面等)を把握し、汚染部位で直接皮膚や髪の毛に触れない。
・体表面汚染等に気づいたら、そのままにせず直ちに、きれいな水や洗剤で除染する。また、経口摂取や怪我等で内部取込みをした場合は、直ちに医師の診断を仰ぐ。

3-2-2.試料採取並びに輸送時の注意事項

試料採取(サンプリング)および輸送時は、普段と異なる作業環境となる可能性があり、一般公衆が接近する可能性もあるから、作業環境や作業方法を十分把握して作業に取り組むこと。また、一般公衆に対する配慮も忘れてはならない。

(1)試料採取および現場での放射線測定での注意事項

試料採取および現場での放射線測定(放射線サーベイ)は、除染特別地域等かそれに準ずる地域で作業するものと考えられる。従って、これら地域で作業する場合の注意事項を下記に示す。

①作業環境の把握

作業場所の作業環境を作業開始前に十分把握し、作業手順や保護具の選択に反映する。

②保護具および個人測定器の着用

サンプリングまたは放射線サーベイを実施するときは、作業に適した保護具(長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴等)および個人測定器(ポケット線量計等)を着用する。

なお、保護具や個人測定器の着用等について現場の指示がある場合は、それに従う。

③汚染拡大防止措置

試料採取作業に伴って周辺への汚染物の飛散等が予想される場合は、事前にポリエチレン製シート等の養生を行う。また、誤って周辺を汚染させたと考えられる場合は、速やかにサーベイを行い、その結果汚染している場合は除染する。

④一般公衆への配慮

試料採取作業や輸送時の積込み作業時は、作業エリアへの一般公衆の立ち入りを禁止し、一般公衆に対してはその旨を十分説明する。

⑤測定器の養生

現場で使用する測定器は、汚染することを想定し、事前にポリエチレン製シート等で養生する。継続して使用する測定器は、バックグラウンドを定期的に確認すると共に、ポリエチレン製シートを早い頻

度で交換することが望ましい。

表面汚染密度測定用のGMサーベイメータ等の窓面部の養生は、なるべく薄いもので養生する。

⑥試料の採取

試料は、測定や試験に必要な必要最小量とする。また、明らかに空間線量率や空気中汚染密度、表面汚染密度が基準値を超えるか超える可能性のある場所で長期間作業に従事する場合は、放射線業務従事者の指定を受け、電離則または除染電離則に従った管理下で作業に従事すること。

なお、試料取扱い時の試料の放射能と放射線量率の関係を知るための目安として試算値(参考値)を示す。計算は試料を点線源と仮定して実施している。

表 3-2-2　試料取扱時の試料の放射能と放射線量率試算値(μSv/h)

試料の放射能	100,000(Bq)			5,000(Bq)		
試料中心からの距離	6(cm)	50(cm)	100(cm)	6(cm)	50(cm)	100(cm)
セシウム 134	6.35	0.09	0.02	0.32	0.005	0.0011
セシウム 137	2.41	0.03	0.01	0.12	0.002	0.0004

計算コード：γShielder(≒QAD-CGGP2RV)

⑦試料採取治器具除染

試料採取に使用した治具等は、なるべく現場で除染する。

⑧作業終了時の処置

作業終了時または汚染エリアから退去する場合は、汚染エリア境界で汚染検査を実施する。

また、保護具等汚染エリアで使用した物は、分別して廃棄する。

履物は、汚染エリア境界で交換するか、汚染エリア内に入るとき靴カバー等で養生する。

(例:車で汚染エリアに入るときは、車の内外が汚染エリアの境界となる)

⑨廃棄物の処分

現地での廃棄物の処理・処分が可能な場合は、極力現地で処理を依頼することが望ましい。

(2)輸送時の注意事項

試料の輸送は、梱包箱の破損、試料の漏えいが無いように注意し、可能な限り梱包箱表面の表面線量率を低減するように努める。梱包箱表面から1mの距離でバックグラウンドを減じて0.1　μSv/hを超過する場合には、L型輸送物の技術上の基準(注1)(IAEA放射性物質安全輸送規則2012年版)を満たし輸送することが望ましい。ICRP勧告(1990)における一般公衆線量限度は、1mSv/yであり、この値を線量率に換算すると0.114μSv/hとなるが、上記の0.1μSv/h(梱包表面から1mの距離における線量率基準としての提案値)の設定妥当性を支持する。

汚泥試料等を送付する際には、試料容器を密封し、容器が破損したり、気密が破れたり、異物が混入したりしないように丈夫な包装を施す。また、輸送事故に備え、梱包箱内の見やすい位置に輸送責任者の連絡先、発見者への対処方法を同梱することが望ましい。

(注1)：L型輸送物の技術上の基準

・ 容器または包装の表面の放射性同位体元素の密度が 4Bq/cm^2 を超えないこと。
・ 容器または包装の表面における 1cm 線量当量率が、5μSv/h を超えないこと。
・ 開封されたときに見やすい位置に「放射性」または「Radioactive」の表示を有していること。
・ 容易に、かつ、安全に取り扱うことができること。
・ 運搬中に予想される温度および内圧の変化、振動等により、亀裂、破損等の生じる恐れがないこと。
・ 表面に不要な突起物がなく、かつ、表面の汚染の除去が容易であること。
・ 試料相互の間、および試料と収納され、または包装される放射性同位元素等との間で危険な物理的作用または化学反応の生じる恐れがないこと。
・ 弁が誤って操作されないような措置が講じられていること。

①輸送物のサーベイ

輸送物の表面線量率をサーベイメータで測定する。

輸送物の表面線量率が高い場合は、車両中央に積載するように配慮する。

一般運送業者による混載の場合は、放射性物質の運搬に関する運送業者が定める規定に従い梱包する。(梱包箱表面線量率低減策としては、遮へいの使用または、梱包箱の拡大またはそれらの併用等が考えられる。)

②輸送物の積載

輸送物表面は汚染されていると考えて、積載時にもう一度養生することが望ましい。

輸送物の表面線量率を考慮して積載配置を決める。

③車両のサーベイ

輸送物積載後、車両から 1 m での空間線量率を測定する。測定箇所は、車両の前面、後面、両側面および運転席とする。空間線量率は、各面において車両から 1m の空間線量率が 100μSv/h 以下であること。(測定の詳細は、4-1-3. を参照)超えた場合は、廃棄物の種類や積載量を調整する。

なお、除染届出事業者が、除染特別地域内を輸送する場合は、除染電離則に従うこと。

④運転手の被ばく管理

輸送物の放射能濃度が高い恐れがある場合には、運転中に個人被ばく線量計を着用するように指導することが望ましい。

3-2-3.作業で発生した廃棄物(試料、保護具および容器等)の処分における注意事項

廃棄物は、試料および試料採取や前処理・測定に使用された保護具、試料容器等汚染廃棄物と接触した物が対象となる。

試料は、試料採取場所等の試料発生場所に返却して、処理・処分することを原則とする。

また、試料を現地以外で処理・処分する場合、および、試料採取や前処理・測定に使用された保護具、試料容器等汚染廃棄物と接触したものは、管理保管することが望ましい。ただし、一般環境に影響のないレベルのものに関しては、性状や状況に応じ一般廃棄物または産業廃棄物として処分することができる。

【参考文献】

- 東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌などを除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則(平成 23 年厚生労働省令第 152 号)
- 特定線量下業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(平成 24 年 6 月 15 日付基発 0615 第 6 号)
- 電離放射線障害防止規則(昭和 47 年 9 月 30 日付労働省令第 41 号)
- 除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(平成 23 年 12 月 22 日付基発 0412 第 6 号)
- 事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(平成 25 年 4 月 12 日付基発 0412 第 2 号)
- 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件(平成 12 年学技術庁告示第 5 号)
- 放射性同位元素等車両運搬規則（昭和 52 年 11 月 17 日運輸省令第 33 号)
- 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則第十八条の三等の規定に基づく放射性同位元素または放射性同位元素によつて汚染された物の工場または事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等（平成 2 年科学技術庁告示第 7 号)
- 柴田徳思、放射線概論　第 7 版、(株)通商産業研究者、2011 年 7 月
- Internaional Atomic Energy Agency(IAEA)、放射性物質安全輸送規則 2012 年版、2012 年

3-3.廃棄物等の放射能測定における試料取扱い事項(保管、廃棄等)

ここでは、除染特別地域外での分析・測定室を想定し、試料取扱事項を記述するものとする。

なお、試料は濃度に関わらず返却を原則とすることが望ましい。やむを得ず保管する場合には、測定室や作業者への影響を考慮し周辺環境の線量モニタリングを行う。

3-3-1.試料(梱包箱)の荷受

試料は、専用便(自社公用車含む)または、宅配便等混載便で到着するものと考えられる。

(1)保管場所の確保

試料等を受入れる前に、荷受場所、試料保管場所、測定済試料および残材保管場所等試料を区別して保管できる場所を確保する。

表面汚染物品や、保管中の漏洩などを考慮し、これらの保管場所は、不浸透性で平滑な床や壁であることが望ましい。汚泥試料は原則として密封し、冷蔵保存する。その他の試料についても、温度、直射日光、水分等の影響のないように保管する。試料の仮置や保管については高濃度試料の場合は測定室や測定室近傍（階下および階上を含む）に置かない。

(2)送達伝票と現品の確認

運転手が持参した送達伝票の内容と現品が依頼主や送達先、名称、員数等で相違がないか確認する。

(3)表面線量率、表面汚染密度の測定および保管方法

試料(梱包箱)毎に表面線量率および表面汚染密度を測定する。

保管場所と一般従業員の居室または通路が接する場合は、その境界における空間線量率が 2.0 μSv/h を超えないように管理することが望ましい。

保管場所の境界が、一般公衆と接する事業所境界の一部となっているときは、その境界における空間線量率が 0.19 μSv/h を超えないように管理する。

（根　拠）

「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件(平成１２年科学技術庁告示第５号) 最終改正　平成２１年１０月９日　文部科学省告示第１６９号」

(管理区域に係る線量等)

第４条　(省略)　管理区域に係る外部放射線に係る線量、(省略)

一　外部放射線に係る線量については、実効線量が三月間につき 1.3 mSv

一般従業員の労働時間を 40 h/週とすると約 520 h/3 月となり、

1.3 mSv/3 月÷520h/3 月 = 2.5 μSv/h

0.8 を乗じると 2.0 μSv/h が管理値となる。

表面汚染密度が、3.2 Bq/cm^2(約 1000 cpm)以上の場合は、梱包箱の周りをポリエチレン製シートまたはポリエチレン製袋等で養生する。また、試料(梱包箱)を置いた場所を除染する。

(4)試料内容の確認および試料情報の記録

荷受した梱包箱を開封し依頼元の情報と試料を封入した容器の内容を照合し、内容物を確認する。

万一、梱包箱外に漏えいが認められるときには、梱包箱表面の汚染検査を実施するとともに梱包箱搬入履歴経路の汚染検査を実施する。搬入経路に汚染が認められる場合は、輸送業者に連絡するとともに汚染検査および除染を検討する。

解析や報告に必要な項目は、あらかじめ、試料情報聴取項目(試料名称、試料採取場所、採取日時等)をまとめた記録票を用意しておくと良い。

(5)測定前処理

測定前処理は、工程の中で最も汚染のリスクが高い作業である。

試料の放射線レベルや形態、梱包状況に合わせて、作業場所の汚染拡大防止措置を例えば次のように検討する。

- ダスト発生が予想されるものは、フード設備や局所排風機等を利用する。
- 床や机上への飛散または、液体の漏洩等が予想される場合は、事前にポリエチレン製シート等で養生を行う。
- 試料自体の飛散の恐れはなくても、前処理中に飛散が発生する場合があるので、前処理工程で起こりうる問題をあらかじめよく想定しておく。

(6)放射能測定

測定室は、放射能汚染に関して極力清浄な状態を保つように心掛ける。測定室の汚染は、バックグラウンドの上昇を招き、検出下限が上昇する。清浄な状態を保つための方法の例を以下に示す。

・測定室の区画
・区画の境界での保護具(靴、着衣、手袋等測定室を汚染させない保護具)の着用
・測定容器の養生(ポリ容器等)
・放射能検出器周辺の定期的なモニタリング

(7)測定済み試料等の保管

測定が終了した試料は、残材と共に一時保管し、その後の適正な管理への移行を図る。

一時保管時の管理方法については”(1)保管場所の確保”および”(3) 表面線量率、表面汚染密度の測定および保管方法”と同様の管理方法とし、保管場所は未測定試料保管場所と区別して保管する。

(8)試料の返送

依頼元へ試料等を返送する場合は、試料等の漏えい等がないように梱包するとともに、”3-2-2(2)の輸送時の注意事項”と同様に取扱う。

【参考文献】

- 緊急時における食品の放射能測定マニュアル、平成 14 年 3 月、厚生労働省
- 放射能測定法シリーズ 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、平成 4 年、文部科学省
- 放射性セシウムを含む汚泥のサンプリング等に係る技術的事項について(平成 23 年 6 月 27 日付 23 消安第 1939 号)

3-4.測定機器

3-4-1.サーベイメータ

(1)サーベイメータの種類

サーベイメータは、空間線量率測定用と表面汚染密度測定用の二つに大別される。

検出器は、気体検出器と固体検出器に分類される。

検出器の検出方式としては、電離箱型とシンチレーション型がある。

発生した電気パルスの処理法としては、パルス型と電流型がある。

サーベイメータの分類を下記に示す。

表 3-4-1　サーベイメータの分類

検出器	測定目的		検出器形態		検出原理		信号処理	
	空間線量率	表面汚染密度	気体	固体	電離箱	シンチレーション	電流	パルス計数
電離箱	○	－	○	－	○	－	○	－
NaI(Tl)	○	－	－	○	－	○	－	○
CsI(Tl)	○	－	－	○	－	○	－	○
Si 半導体	○	○	－	○	○	－	－	○
GM 計数管	△(注 1)	○	○	－	○	－	－	○
プラスチック	－	○	－	○	－	○	－	○
ZnS	－	○	－	○	－	○	－	○

(凡例)　○：妥当、△：条件付き妥当

(注 1)：GM 計数管は原理的にエネルギー補償ができず、測定精度の担保ができない。

(2)空間線量率用サーベイメータ

空間線量率は、直接電離粒子(α線、β線等)および間接電離粒子(γ線等と物質の相互作用の結果生成する荷電粒子)の単位体積当たりの発生率である。単位は Sv/h であるが、廃棄物等の放射能調査・測定では、一般的にμSv/h が使用されている。測定は、γ線の気体に対する電離作用や固体の発光現象等を利用して行われる。

NaI(Tl)および CsI(Tl)シンチレーション式サーベイメータは、γ線のエネルギーに比例した波高の電気パルスを発生するため、パルス波高を加味した計数処理をすると空間線量率に比例した値が得られる。この処理がエネルギー補償であり、エネルギー補償型サーベイメータであれば空間線量率の測定が可能である。半導体式サーベイメータも原理的にγ線エネルギーに比例したパルスを発生するのでエネルギー補償が可能である。

電離箱は、γ線によってガス中に発生する電子やイオンを直接検出して測定する。感度が低いが、高線量域を測定できる。

GM 計数管式サーベイメータは、パルス波高が原理的にγ線エネルギーに比例せず、エネルギー補償ができない。

α線やβ線は、空間線量率サーベイメータの検出器を覆うカバー物質で遮へいされるので結果的にγ線だけが検出される。ただし、β線から制動X線が発生し、そのエックス線のエネルギーが高い場合は、空間線量率としてカウントされる。

(3) 表面汚染密度用サーベイメータ

表面汚染密度は、測定対象物表面の放射性物質濃度を単位面積当たりの放射能密度として測定するもので、単位は、Bq/cm^{2}である。

測定器としては、測定対象物内部の放射能は計測せず、表面だけを選択的に検出する測定器が要求される。この要求のために放射線の線種による透過力の違いが利用されている。対象対象物内部で透過力が強いと試料全体の測定ができるが、透過力が弱いと試料の自己遮へいによって表層付近だけが測定対象となる。一方、検出器の場合、放射線の透過力が強いときは密度が高く、厚みがある検出器にしないと検出効率が落ちてしまう。

γ線等は、透過力が強い放射線であり、α線とβ線は透過力が弱い放射線である。

表面汚染密度は、検出器として密度が低い検出器とするか、厚みの薄い検出器を使用することで、α線やβ線を選択的に検出し、対象試料内部からのγ線およびα線、β線の検出効率が低いことを利用して測定される。

なお、対象試料と検出器の間に設けられる窓材は、α線やβ線ができるだけ遮へいされない材料が使用されなければならない。

表面汚染密度用サーベイメータとしては、GM計数管式サーベイメータ(β線用)、プラスチックシンチレーションサーベイメータ(α/β線用)、ZnS シンチレーションサーベイメータ(α線用)が主に市販されている。

GM 計数管式サーベイメータは、検出器が気体であり窓材に薄い膜が使用されているβ線専用検出器である。窓以外は、金属ケースに納められており、β線のバックグラウンドを抑える役目をしている。

GM計数管式サーベイメータのβ線とγ線の検出効率を比較すると、γ線の効率はβ線の 2%以下(Co-60)であり、試料からのγ線を無視することができる。試料内部からのγ線の寄与が大きい場合(GM 計数管式サーベイメータの窓を薄い金属で遮へいして変化が無い場合)に表面汚染密度を測定するには、スミヤ法(拭き取り法)による間接測定が有効である。

GM 計数管式サーベイメータは、検出器内部に使用されているクエンチングガスが使用によって消耗し、一定以上消耗すると測定ができなくなる。消耗程度を外部からは判断することは難しく、予備器を用意するなどの突然の測定不能に対する準備をしておく必要がある。

プラスチックシンチレーションサーベイメータは、比較的密度が小さく、かつ検出器を窓方向から見て薄くすることによって、β線やα線の選択性を確保している。GM 計数管式サーベイメータより窓を大きくすることができるため、表面汚染密度測定における効率化を図ることができる。

ZnS シンチレーション式サーベイメータは、α線専用のためここでは省略する。

3-4-2.γ線スペクトル測定装置

γ線は核種毎に固有のエネルギーを持っているので、γ線のエネルギーを分析することで、核種を同

定することができる。また、ある核種が放出するγ線のエネルギー毎放出率は、1崩壊当りの放出率として測定されているのでそれと照合することにより、定量することができる。

このため、比較的簡単な前処理を行うことで放射能の同定・定量ができる。

(1)システムの構成

γ線スペクトル測定装置は、主に次の機器から構成されている。

①検出器

検出器は、γ線を最終的に電気パルスに変換する機器である。ゲルマニウム半導体検出器は、直接γ線を電気パルスに変換するが、シンチレーション検出器は、シンチレータでγ線を可視光に変換後、光電子増倍管(PMT)で電気パルスに変換される。

②前置増幅器(プリアンプ)

検出器から出力される微弱な電気パルスは、ノイズに強い信号に増幅する。なるべく検出器近傍に置かれ、場合によっては検出器と一体になっている。

③直線増幅器(リニアアンプ)

検出器からの電気パルスをγ線のエネルギーに比例する波高のパルスに変換する増幅器である。パルス波高を任意に調整する機構(増幅率)および、パルス波形の調整機構(パルスシェーピング)等が設けられている。

④マルチチャネルアナライザ

マルチチャネルアナライザ(MCA)は、パルス波高を測定するA/D変換器(ADC)とエネルギー別に計数率を格納する記憶装置(メモリー)から構成される。

エネルギー別の格納場所は、チャネルと称される。エネルギーとチャネルの関係は、最終的に後述するエネルギー校正によって関数化されるが、チャネルはなるべくエネルギーの整数倍に調整しておく方が使いやすい。

この場合、傾きは、前述の増幅率で調整し、ゼロ調整は、ADC内に組み込まれた調整機構(ゼロ調整)で調整する。この他、MCAには、チャネル数の大きさを設定する機構もある。

⑤放射能定性・定量評価装置

MCAで測定されたγ線スペクトルは、チャネル毎の計数率であり、チャネル毎のヒストグラムである。

このγ線スペクトルから核種別放射能濃度を求めるには、次の手順で進められる。

(a)ピーク解析

γ線スペクトルからピークを検出し、ピーク毎にピーク情報(ピーク位置、ピーク幅等)、ピーク面積情報(全ピーク面積、バックグラウンド面積等)を解析する。

(b)核種同定

ピーク位置(チャネル)からエネルギー校正関数でエネルギーに変換し、ピークエネルギーに近いエネルギーのγ線を放出する核種をライブラリで検索する。

(c)定量分析

ピーク面積と効率校正定数、γ線放出率を元に核種放射能を求め、試料重量等で核種放射能を除し、単位量当たりの放射能濃度を求める。

ここでは、自己吸収補正、サム効果補正、減衰補正および検出下限等も同時に評価する。

⑥高圧電源

検出器は自ら電気パルスを発生するわけではなく、高電圧を印加することによって電気パルスとして出力することができる。

高圧電源は、シンチレーション式ではPMTの増幅率に大きな影響を与え、ゲルマニウム半導体でもパルス波高に影響するので、安定な電源を供給しなければならない。

アースの接地位置や方法、前置増幅器を含めた絶縁劣化に注意する必要がある。

⑦検出器遮へい体

検出器周りの遮へい体は、主に鉛等が使用されている。鉛を含め各元素は、γ線を光電吸収すると特性X線を放出する。特性X線のエネルギーは、原子番号に比例するので、鉛等の原子番号が大きい遮へい体には、原子番号が小さい銅や鉄等の鉛等の特性X線を吸収する材料で内張りし、さらにアクリル等の平滑な面を持つ材料で内張りする。

⑧検出器冷却装置(ゲルマニウム半導体検出器)

半導体は、温度が上がると電気抵抗が下がる性質がある。γ線がないとき絶縁状態を保つ必要があるゲルマニウム半導体検出器は、液体窒素によって冷却しなければならない。

一般的に、冷却装置は、液体窒素を収納するデュワービンと検出器と液体窒素間の熱を伝えるクライオスタットで構成される。

現在、検出器を直接冷却する電子冷凍システムと液体窒素を冷却する冷凍システムが市販され、液体窒素補給をしなくて良いシステムが市販されている。

電子冷凍システムは、液体窒素を必要としないためポータブル測定器等に便利であり、液体窒素冷却システムは、停電時でも冷却が継続するため、据え置き型等に便利である。

(2)検出器の種類と特徴

検出器は、γ線エネルギーを電気パルスに変換する変換器であり、γ線エネルギーと電気パルス波高間に高い直線性があることが必要である。

現在、γ線スペクトル測定装置に使われている主な検出器は、半導体検出器とシンチレーション検出器に分類される。半導体検出器のほとんどは高純度Ge半導体検出器であり、シンチレーション検出器はNaI(Tl)シンチレータが主流で他に$LaBr_3$(Ce)シンチレータやCsI(Tl) シンチレータ等がある。

検出器の比較を表3-4-2に示す。

表 3-4-2　γ線スペクトル測定装置用検出器の比較

項　　目			半導体	シンチレーション			備　考
			高純度 Ge	NaI(Tl)	CsI(Tl)	$LaBr_3$(Ce)	
物理特性	密度	g/cm^3	5.35	3.67	4.51	5.29	-
	分子量	-	32	150	260	379	-
	発光効率	/MeV	-	39000	33000	63000	-
性能	エネルギー分解能	% (keV)	0.2 (1.3)	7 (50)	6 (40)	3.2 (20)	at 662keV
	検出効率注2) (相対効率)	%	10～30	100	>100	130	vs 3”×3” φ NaI(Tl)
	安定性	-	振動、騒音等の妨害	温度ドリフト	温度ドリフト	温度ドリフト	-
運転性	冷　却	-	液体窒素又は冷却装置	なし	なし	なし	-
	起動時間	hr	>4	0.5	0.5	0.5	-

(注 2)：直径 3 インチ長さ 3 インチの円筒形 NaI(Tl)シンチレーション検出器の検出効率を 100%としたときの効率)

ゲルマニウム半導体検出器は、エネルギー分解能の点で優れており、他を圧倒している。この理由は、γ 線から直接電気パルスが生成しているためで、シンチレーションの場合は、γ 線から可視光に変換しそれを電気パルスにしており変換が２段になっている点である。

一方、シンチレーション式の検出器は、ゲルマニウム半導体検出器に比べて比較的安価であり、常温で使えることが利点である。シンチレーションの中でも $LaBr_3$(Ce)は、発光効率が良く、他より明るい光を PMT に供給することができるため、分解能が良い。また、市販されている固体結晶はサイズが規格化されていることから、結晶の大きさで検出効率が決まる点も特徴である。(詳しくは、文部科学省放射能測定法シリーズ 7 参照)

装置の価格は、検出効率と分解能の積と比例するのが一般的である。

検出器の安定性は、核種同定やピーク解析に影響するため、検出器の特性を予め確認しておいた方が良い。シンチレーション検出器は PMT が使用され、PMT の光電陰極の温度変化によって暗電流が変化する(温度ドリフト)。

ゲルマニウム半導体検出器は、液体窒素温度で常に一定になっているので、温度ドリフトの問題はないが、振動や騒音等でノイズが入り(マイクロホニック効果)、分解能に影響するので設置場所に注意する。

【参考文献】

・ 水道水等の放射能測定マニュアル、平成 23 年 10 月、厚生労働省

・ 文部科学省放射能測定法シリーズ 7　ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー、平成 4 年、文部科学省

3-5.精度管理

3-5-1.放射能濃度測定における精度管理

ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリーによるセシウム134およびセシウム137の放射能測定の精度管理について記述した。適用可能な場合はNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ、$LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータについて適用して差し支えない。

特に、ゲルマニウム半導体検出器による記述に限定している場合は「Geのみ」の注釈を適宜入れた。

(1)精度管理の項目

表3-5-1に精度管理項目の例を示す。またその内容について以降に説明を行う。

表3-5-1 精度管理項目の例

方法の妥当性の確保	標準作業手順書(SOP)の整備
試料の識別	消耗品
施設環境	設備・装置
標準線源	測定機器の校正
検出下限濃度	バックグラウンドレベルと空試験
濃度既知試料、認証標準物質の分析	二重測定
記録の保管	要員、教育訓練に関する事項
不適合業務の管理に関する事項	外部精度管理

①方法の妥当性の確保

マニュアルの方法に従い試験機関自身がその方法を適切に実施できることをあらかじめ確認すること。マニュアルで具体的な手順が示されておらず、手順の違いが品質に影響を及ぼす場合は信頼性確保についての留意点を踏まえた試験機関独自の手順の整備が必要となる。

(a)実施能力確認の方法

最終的に方法が適切に実行されているかは、通常分析と同じ方法で分析を行い、後述する濃度既知試料、認証標準物質の分析や他社とのクロスチェックの結果が理論値、認証値や中央値と同等レベルであることで確認する。

(b)前処理における信頼性確保の留意点

一般的に廃棄物試料は不均一であり、粒度も不揃いである。そのため、放射能分析の場合、試料の代表性の確保と均一性確保に関する手順が重要である。廃棄物には、対象となる試料の最大粒度とひとすくいの小分け(インクリメント)の平均体積の取り決めがあり、表3-5-2のとおりである。

表 3-5-2 最大粒度とインクリメントの大きさ

最大粒度 mm	1	5	10	16	22.4	31.5	40	50	71	100	125	150
ｲﾝｸﾘﾒﾝﾄの平均体積 mL	約 16	約 70	約 120	約 180	約 270	約 380	約 730	約 1600	約 3700	約 11000	約 21000	約 35000

（出典：JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」）

最大粒度とは、そのふるい目の大きさでふるい分けたとき、ふるい上に残る量が約５%のロットのことをさす。採取個数は４インクリメント以上とする（JIS K 0060 では「廃棄物が生成または処理される工程が十分に管理されている場合には、３～５インクリメントを採取すればよい。」とされている)。粒度が大きく試料量が多くなる場合は粉砕などの操作が必要になる。他には測定容器との相互作用を起こさないこと(コンタミネーションの防止)、容器内で粗密がなく均一になっていること、試料が容器内で動かないことなどが重要である。

(c)機器分析における信頼性確保の留意点

測定室では特に室内と装置の汚染に注意する。測定室に搬入された試料はきれいなポリエチレン製袋に手を入れ、袋越しに容器をつかみ裏返して極力空気が入らないようにしたうえで、底部がしわにならないようにして口を結ぶ。これでポリエチレン製の袋が二重になる。試料を検出器のエンドキャップ上に置く。エンドキャップの上に正確に乗せるため、試料固定ホルダーや位置決めのための治具を用いてもよい。容器はポリエチレン製の袋に包まれているため必要に応じて浮いたりしないように 100g 程度の鉛の錘などで浮き上がるのを防止するとよい。試料測定後は、試料を置いた位置が正しい位置にあったかなどを再度確認する。エンドキャップに触り、温度を確認する。冷たいと検出器の真空劣化が懸念される。検出器を保護しているカバーやシートなどに異常がないことを確認する。

②標準作業手順書(SOP)の整備

①の方法の妥当性の確保で取り決めた手順について、公定法などのマニュアルのみでは手順が一定にならず品質へ影響がある場合は整備する。整備に先立ち、SOP は試験室の担当者の相違による結果への影響を最小限とするため、適切な測定を実施することができると確認された者（適格性があるとされた担当者）の誰が行っても同じ方法が再現できるように記述する。表 3-5-3 に手順書に盛り込む内容の例を示す。

表 3-5-3 標準作業手順書に盛り込む内容の例

試料採取方法・運搬用器具等の準備、メンテナンス、保管および取扱い方法
分析用試薬類の準備、保管および取扱い方法
標準物質等の準備、保管および取扱い方法
前処理方法の操作の手順
分析装置の校正および測定条件の設定、調整、操作手順
分析方法全工程の記録に関する事項
安全管理

③試料の識別

放射性セシウムの測定は煩雑な前処理がなく、機器分析も試料を扱う作業としては検出器の上部に試料を置くことが主となる。そのため試料の取り違いなどが発生しやすい。試料の識別は試料そのものに明確に行う必要がある。

④試薬、消耗品

放射性セシウムの測定では一般に特段の試薬は使わない。検出器の冷却に液体窒素を使う(「Ge のみ」)。消耗品については、ばいじんや粉じん採取のためのろ紙、U8 容器、マリネリ容器などの容器および検出器を冷却する液体窒素（「Ge のみ」)、コンタミネーションの防止などのための容器等を覆うポリ袋などが挙げられる。U8 容器、マリネリ容器についてはピーク効率校正を行ったものと同じ形状のものを測定にも用いること。コンタミネーション防止のためのポリエチレン製袋などは容器が検出器から浮いてしまったり、適切な大きさでないと空隙が出来たりするため、取扱いについて不具合がないように、大きさや銘柄については同じ規格のものを購入すること。

⑤施設環境

(a)機器測定室

前処理室や、その他の放射性物質を取り扱う分析室等から、空調、排気の回り込みがないこと。原子力施設の事故時などに備え、外気の取り込みを防止できるようにすること。清掃が容易である（床材の種類、機器の配置などを考慮する）こと。また、管理に関して入退室に際してスリッパを履き換えること。試料の前処理や試料詰めは別室で行う。可能なら紙パック式掃除機を使用し、毎月ゴミを灰化して測定し、汚染を確認することが望ましい。また測定室はバックグラウンドが低いこと。更に、ラドンガス濃度が低いこと（数 Bq／mL 程度以下が通常の環境レベル）と地下室は換気を十分にすること。強い標準線源などを近くに保管せずγ線照射装置などの近くでないこと、大きな床荷重に耐えられることも必要である。室内と周辺に雑音等が低いこと。電源についても雑音がないこと。装置は良い接地を用意する。施設が工場地帯にあるとき等は周波数成分などの特徴を調べて、適合したノイズフィルターを利用する。動力電源は別に用意することが望ましい。

(b)前処理室

可能であれば高濃度試料と低濃度試料を扱うエリアは分けること。施設や保管場所は立ち入り制限を

行い、立ち入る場合はスリッパや服装を交換する。汚染物の拡散や、測定作業に関係のないスタッフの不要な被ばくを低減すること。

⑥設備・装置（「Ge のみ」3.4.にも記述）

検出器はポリエチレン製のカバーなどで検出器のエンドキャップそのものが汚染しないように保護しておく。放射能測定を行うゲルマニウム半導体検出器は衝撃に弱く、また液体窒素等で冷却しながら高い電圧を印加して使用するので、設定方法や取扱いには注意が必要である。検出器は、冷却されていない状態で高電圧をかけると、結晶に大きな漏れ電流が流れ、前置増幅器を損傷する。高電圧が印加されていなければ冷却が中断しても性能に変化はない。再冷却は完全に室温に上昇した後に行い、検出器結晶が十分冷却されるまで一昼夜（24 時間程度）放置してから高電圧を印加する。検出器上部のエンドキャップのカバーがアルミニウムまたはステンレス製のものは、汚染防止のため薄いポリエチレン袋で覆うとよい。原則として検出器と遮蔽体の間は絶縁し、遮蔽体は接地しないこと。検出器の冷却用の液体窒素は容器が満杯になるまで補給すること（「Ge のみ」）。補給直後は液体窒素が沸騰しマイクロホニック雑音が発生しやすいので、30 分程度経過してから測定を始める。1 ヶ月以上使用しないのであれば、その間液体窒素を補給しなくても良いが、使用を再開するときは、液体窒素容器自身の冷却のためにかなり液体窒素を消費する。そのため、液体窒素容器の容量より余分な量を用意しておく。液体窒素容器を空にしたら、室温になるまで冷却を再開しないこと。

⑦標準線源

標準線源は試料容器と幾何学的位置関係が同一のものとすること。一般には、公益社団法人日本アイソトープ協会などが提供する JCSS の線源を用いる。JCSS のロゴマーク付の校正証明書が添付された標準線源は、日本の国家計量標準へのトレーサビリティが計量法に基づき確保されているものである。また、他の国の校正結果をそのまま日本国内で受け入れるという国際相互承認協定に基づき使われている標準線源も存在する。線源には使用期限としてワーキングライフが示されている場合はその期限内に用いること。線源の取扱方法は標準作業手順書等に定めるが、一般的には施錠管理し、使用履歴を付すこと。線源はアルミナ、プラスチック、寒天などに成分が含まれているが、絶対に開封しないこと。破損または外観に異常がある場合は使用しないこと。不要となった線源は絶対に廃棄せず、処理が可能な業者に処理を委託する。一般的には供給者へ返却（有償）することが望ましい。

⑧測定機器の校正

標準線源を用いて機器の校正を行う。校正については文部科学省放射能測定法シリーズ 7 に従う。

(a)エネルギー校正

エネルギー校正は核種ごとに異なるγ線のエネルギーと、マルチチャンネルアナライザ（多重波高分析器）上におけるピーク位置およびピークの広がり（半値幅）を関係づけるものであり、基本的には日常的に確認を行い、エネルギーとチャンネルにずれが認められるときは随時校正を行うこと。

(b)効率校正

効率校正はγ線エネルギーに対する検出信号としてのピーク検出の効率を関係付け、測定範囲のエネルギーに適用できるように関係式を作成するものである。校正結果はピーク効率曲線としてグラフ化される。図 3-5-2 にゲルマニウム半導体検出器におけるピーク効率曲線の例を示す。校正は年１回を目安とするが、標準体積線源等を用いて日常的に点検を実施し、校正値のずれのないことを確認している場合は頻度を少なくすることも可能である。

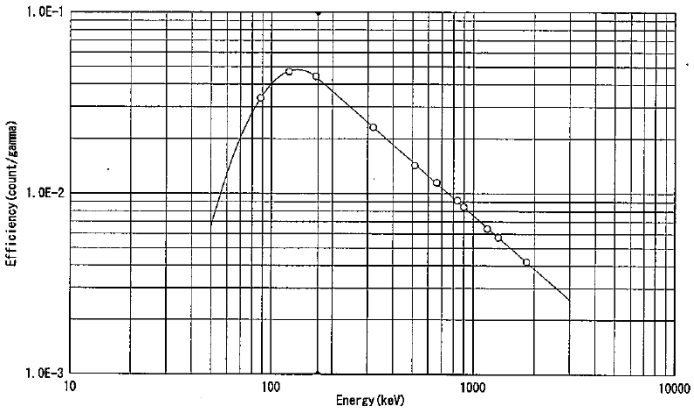


図 3-5-2 ピーク効率曲線の例

⑨検出下限濃度

放射性原子核が崩壊し検出器で計測される確率は二項分布として取扱ことができる。また計測時間が測定する核種の平均寿命より極端に短い場合は崩壊の計数値を得る確率はポアソン分布となる（通常の測定ではほぼポアソン分布）。装置の計数値のポアソン分布の標準偏差は $\sigma=\sqrt{m}$ （m：計数結果の真の平均値）となる。目的物質のγ線の計数値は、通常コンプトンの連続スペクトルに載っていることが多いため、正味の計数値はこのベースラインからの計数値を差し引いた値となる。単独ピークの面積計算には、ベースラインを含んだ目的のガンマ線エネルギチャンネルの総計数値から、その前後のバックグラウンドのベースラインの計数値から計算されるバックグラウンドの計数値を引いて正味の計数値 Nnet を求め、測定値を得るコベル法が用いられることが多い。この場合の計数値の標準偏差 σNnet は、ピーク領域の全計数値 Np とピーク前後のベースラインの計数値を総計数値から差し引くために、換算する係数の二乗をかけたものの和の平方根となり、次式となる。

$$\sigma Nnet=\sqrt{(Np+BL^2NL+BR^2NR)}$$

ここで、

σNnet：正味計数値の標準偏差

Np：ピーク領域の全計数値

NL NR：ピーク領域前後のベースラインの計数値

BL, BR： NL と NR をベースラインの計数値に換算する係数

である。

一般的に検出下限値はクーパーの方法により計算し、通常は３σとすることが多い。上記のピーク領域と前後のバックグラウンドの計数値は、時間とともに積算され、計数値が増加する。その時、３σNnet

を上回る Nnet から計算される放射能濃度が検出下限濃度となる。

検出下限濃度はその時のカウント値、また試料量と測定時間とバックグラウンドの値、その時の対象物質およびそれ以外の放射性物質の濃度によって変わることから、測定毎に変化する。

一般的には測定時間が n 倍になれば、その他の条件が同一であれば検出下限濃度は

$1/\sqrt{n}$ 程度となる。

⑩バックグラウンドレベルと空試験

試料に起因しないピーク領域の計数を放射能計算に含めないため、試料のない状態で測定を行い、その領域の計数値を差し引く。通常１ヶ月に１回以上実施し、測定時間は試料測定時の倍以上、汚染の可能性があった場合は適宜実施するのがよい。検出下限濃度の算出法と同様の方法で求めたバックグラウンドスペクトル中の正味のピーク面積が２σ以下のとき、対応する試料領域の面積から差し引く必要はないとされている。測定にあたっては、厳密には試料と同一の大きさ、材質の試料を用いるべきである。したがって本来は容器を含めたバックグラウンドの確認を行う。ビニール袋で覆った上で使いまわすマリネリ容器の場合は、個別容器での汚染に疑いがあれば、空試験として確認する必要がある。ただし毎回容器の空試験を行うことは現実的ではないため、試料が直接接触しないように管理しておき、一定期間毎に空試験を行い、確認するなどの方法が考えられる。高濃度試料を取扱った場合は都度実施することが望ましい。

⑪濃度既知試料、認証標準物質の分析

濃度既知の試料や認証標準物質を分析し、理論値に近い値が出るかを確認する。濃度既知試料については外部精度管理で実施した残試料を容器に入れたままとし、測定することもできる。核種は壊変して測定値が変わるため、基準日を設定して補正値で評価する(Ge のみ)。

調製日からの経過日数が長く、測定日において検出下限濃度に対して十分な感度が得られない場合は、認証標準物質の役割を果たさないため、注意すること。

⑫二重測定

同一試料を２回測定し、同じレベルの値となるか確認する。一般に容器詰めを２つ行うか、容器に詰めたものを２回、同じ条件で測定するかの２種類の方法がある。廃棄物試料は不均一であるので、手順全体の品質の確認には人を変えて、妥当性の確認された手順書に基づいた方法により、試料の充填から二重測定することが望ましい。

⑬記録の保管

必要と考えられる記録について表 3-5-4 に示す。

表 3-5-4 放射能測定についての記録例

記録内容		留意点
測定試料について	試料番号	各測定試料に固有の名前か番号
	試料名、部位	灰、排水、排ガス等(部位：ろ紙部)
	試料採取場所	住所等
	試料採取日時	採取年月日、採取時間
	供試量	単位(L,g,kg 等)、測定に供した量
	灰分比,乾燥比	生試料を乾燥または灰化した時、生換算に使用
	回収率	化学回収率等（今回は該当無し）
	前処理方法	風乾、粉砕、集塵等
	容器の種類	U8、2L ﾏﾘﾈﾘ容器等
	試料充填高さ	単位(mm または、cm)0.5mm 単位程度の表示
	試料重量	単位(g) 0.1g まで表示
	沈殿の種類、量	二酸化マンガン(今回は該当なし)
	報告値の単位	Bq/試料、Bq/L、Bq/kg 乾土、Bq/kg 生　等
測定について	測定番号	測定器ごとに各測定に付けられた固有の番号
	測定開始時	年月日時分
	測定終了時	年月日時分
	検出器番号	-
	測定時間	Live time(秒)
	測定者	試料を検出器にセットした者(自署)
	測定終了者	測定後それを取り出した者(自署)
測定条件、目的	測定目的	その測定が何のために行われたか。検討用試料測定、分解能測定、効率測定、汚染確認・・・
	試料の特徴	放射能の強い試料、密閉しにくかった試料の測定
	測定条件	時定数、変換利得、試料位置、空調、補助遮蔽・・等の変更があった時
測定ﾃﾞｰﾀ	^{40}K のﾋﾟｰｸﾁｬﾝﾈﾙ	毎日記録するとﾁｬﾝﾈﾙがｼﾌﾄする傾向がつかめ、ｴﾈﾙｷﾞｰ校正を再調整する目安になる
	ｽﾍﾟｸﾄﾙ上の特徴	例えば ^{7}Be が強い、^{234}Th 目立つ・・・
その他	特記事項	特記事項を記載する

⑭要員・教育訓練に関する事項

広義の内部精度管理としては、要員の適格性の判断と、教育訓練に関する事項も含まれる。要員については、試験に係る設備の操作、試験の実施、結果の評価などすべての工程を含み、それを実施するすべての要員に力量があることを確実にすること、とされている。また、それら要員は必要に応じ、適切な教育訓練、経験または技量の実証に基づいて資格付与されることが必要である。

⑮不適合業務の管理に関する事項

不具合業務が発生した場合に的確に対処し再発防止を図ることは精度管理の第一歩である。「試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項」では試験所の自身の手順または顧客と合意した要求事項に適合しない場合に実施すべき方針および手順を持つこととされている。それには以下の内容が必要である。不適合業務の責任者、権限者を指名し不適合業務が特定された場合にその処置を確定し実施すること、重大さの評価を行うこと、容認に関する何等かの決定を行うとともに修正を行うこと、必要な場合顧客通知と業務結果の回収を行うこと、業務の再開を認める責任を規定すること、などである。

⑯外部精度管理（試験所間技能試験、精度管理調査）

均一な試料を配布するか同一の試料を持ち回りで分析し、試験所間のばらつきを確認し、各機関の分析値が複数の他の試験所全体のどの位置にあるか知ることができるのが試験所間技能試験、精度管理調査である。通常試験所内部での精度管理に対してこれら試験所間の外部のデータを利用して精度管理を行うことから、外部精度管理と呼ぶ場合がある。

(2)放射能測定における測定の不確かさの推定

不確かさとは測定における信頼性の指標であり、真の値が存在する範囲を推定したものである。測定の不確かさの推定は試験方法および方法の妥当性確認の中の一つの項目である。放射能測定においてもこれら不確かさの推定を行うことにより、精度管理や精度向上について合理的な対応が行いやすくなる。

①不確かさ要因推定の例（「Ge のみ」）

参考までに底質試料のゲルマニウム半導体検出器によるセシウムのγ線スペクトル分析における不確かさの推定例について表 3-5-5 に示す。

表 3-5-5 底質試料のセシウム 137 における不確かさ推定例

カテゴリ	要因	相対標準不確かさ推定の方法	相対標準不確かさ u(%)
試料調製	試料のロスとコンタミネーション	破砕等無いので考慮せず。	–
	サンプルの重量	繰返秤量と工業データから見積もった。ガウス分布。	0.15
	不均一性	過去実験とサンプル量から考慮せず。	–
	予備濃縮操作	操作せず。	–
校正	校正中の装置変動	安定状態で使用とのことで考慮せず。	–
	エネルギー校正	–	–
	効率校正	市販のソフトでピーク効率曲線との一致状況を推定。	6.0
試料の機器測定	試料と標準線源のジオメトリの相違	相違が無いものと推定。	–
	不確定なサムコインシデンス効果	数式から予測。影響が低いため評価しない。	–
	真のサムコインシデンス効果	必要な場合モンテカルロシミュレーションより予測。	–
	デッドタイムの影響	–	
	壊変時間の影響	数式から考慮し評価しない。	–
	自己吸収補正	必要な場合モンテカルロシミュレーションにより予測。	2.0
	正味ピークエリアの計算	バックグラウンドと試料の測定結果より推定。	3.2
	カウント値の統計処理	–	–
原子核関連のデータ	半減期	数式から評価しない。	–
	放射線の放出率	核データから引用。ガウス分布。	0.24

対象試料：底質　濃度：16.9 Bq/kg(Cs-137)　相対合成標準不確かさ(%)=7.1

3-5-2.サーベイメータ測定における精度管理

(1)表面汚染密度測定の精度管理

①適用範囲

表面汚染密度測定、汚染検査にはふき取り試験法、直接法などいくつか種類があるが、ここではサーベイメータを用いた直接測定法について記述する。いずれも表面は平滑であり測定対象核種が内部に浸透していないことが条件となる。測定結果は一般に、cpm(count per minutes)、cps(count per second)や Bq/cm^2 などで表される。

②装置

使用機器は検出部の有効径が５cm 程度と大きく、周囲や背後などからのベータ線を入射させないため、検出部が金属製筒で保護されているものを用いる。

③取扱方法

試料測定面はマイカの薄膜のため突起物や衝撃で割れてしまうので取扱いには注意する。また、サーベイメータは基本的には防水していないため、雨天の場合は防水する。検出器と本体のコネクタ部分は、接触不良を起こしやすいため無理にケーブルを取回したりしないこと。電池のスペアは常に携帯しておくことが望ましい。検出部の汚染を防止するため必ず食品用ラップなどで保護するが、厚さがありすぎるとベータ線を遮蔽してしまうため、薄手のものが好ましい。測定対象の放射能が強い場合、窒息現象と呼ばれるカウント値の数え落としが発生する。測定対象に近づけると指示値が低下する場合は注意が必要である。

④検出器の特性と対象放射線

GM 計数管式サーベイメータはβ線とγ線に対して感受するが、β線に対しγ線の検出率は 2%程度である。β線は透過力が弱いため、汚染物が内部に浸透している場合、浸透している汚染物も評価したい場合については適切な評価が出来ない。そのため、基本的にはβ線を出す物質が表面露出している場合に適用される。

一方、γ線の検出率が相対的に低い点に加え、周囲からのγ線の影響を理論的になくして対象面からのβ線のみを測定することが可能である。遮蔽を用いずに測定を行った後、対象面にβ線のみを遮蔽するプラスチック板などを置き、β線を遮蔽し、測定を行う。遮蔽を行わない測定値（対称面からのβ線＋対称面と周囲からのγ線）から遮蔽を行った測定値（対称面と周囲からのγ線のみ）を差し引くと対称面からのβ線の測定値を得られる。

⑤保守点検

GM 計数管の劣化や電気回路の劣化により計数率の指示値がずれることがあるため、年１回以上保守点検を行う必要がある。使用前には、入射窓の破損がないこと、電池残量、スイッチ類の動作、ケーブルやコネクタの破損が無いことを確認し、バックグラウンド計数値を測定し通常と大きく変動しないことを確認しておく。

⑥測定の留意点

放射線の計数値はランダムに発生するため、測定には一定の時間が必要である。装置には時間設定する機能があるのが普通である。一般的には時定数が設定できるものとサンプリング時間を用いる測定機器がある。時定数の設定やサンプリング時間については、装置の取扱い説明書によるが、時定数の例では、一般的にフルスケール 100、300cpm のレンジでは時定数は 30 秒を推奨している。

対象面からに検出器をつけないように 5mm から 1cm 程度はなして測定する。

時定数を設定するタイプのサーベイメータは指示値が安定するまで時定数の３倍程度の時間をおいて測定する。したがって、表面汚染の状況を広範囲に概略的に知りたい場合は時定数を短くして汚染面を発見し、汚染部位を見つけたのち、時定数を長くして正確な測定を行う。

(2)空間線量率測定における精度管理

①適用範囲

空間線量率の測定や、測定対象の内部に浸透した放射性核種の放射線について、透過力の強いγ線で汚染状況を評価するために用いる。

②装置

エネルギー補償型のシンチレーション式サーベイメータを用いる。エネルギー補償型でない場合、放射性セシウム由来以外のバックグラウンド放射線が支配的である場合は測定値が大きく異なるので注意する。

③取扱方法

シンチレーション式サーベイメータの検出部は NaI(Tl)などの結晶なので、衝撃で破損しやすいため注意する。サーベイメータは基本的には防水していないため、雨天の場合は防水する。検出器と本体のコネクタ部分は接触不良を起こしやすいため無理にケーブルを取回したりしないこと。電池のスペアは常に携帯しておくことが望ましい。検出部の汚染を防止するため薄手のビニールなどで保護する。

④検出器の特性と対象放射線

検出器はベータ線を透過しない金属製容器に封入されているため、対象放射線はγ線である。通常外部被ばくの算定のための空間線量率を測定するために用いる。γ線は物質への透過力が強いため、対象物の内部に浸透した汚染についても一定の評価が可能なため、対象試料の汚染状況の評価にも用いられる。

また温度が低いと感度が低下する傾向がある(20℃と 0℃で数%)。

⑤保守点検

装置は校正を年１回以上行ったものを用いる。校正が困難な場合は校正済みのサーベイメータと同時に同じ場所を５回程度測定し、平均値の比が 20%以上異なる場合は使用しない。20%以内であれば指示値を校正済みのサーベイメータの測定値の比で補正することも可能である。比較の測定を実際に使用する地域と同程度の線量の地域で行う場合は測定値の差で補正してもよい。一般にシンチレーション

式のサーベイメータは数十μSv/hが測定の上限である。

測定前には、電池残量、HV確認、スイッチ類の動作、ケーブルやコネクタの破損がないことを確認し、バックグラウンド計数値を測定し通常と大きく変動しないことを確認しておく。

⑥測定の留意点

放射線はランダムに発生するため、測定には一定の時間が必要である。装置には時間設定する機能があるのが普通である。一般的には時定数が設定できるものとサンプリング時間を用いる測定機器がある。時定数の設定やサンプリング時間については装置の取扱い説明書によるが、時定数の例では、一般的に0.3μSv/hのレンジでは時定数は30秒を推奨している。

空間線量の測定法は、各マニュアルに準じ行うが、検出器はなるべく体から離すことが必要となる。またγ線が遮蔽されるような障害物のない場所が望ましい。検出器の方向特性は広いので検出器は通常地面と水平でよい。時定数を設定するタイプのサーベイメータは指示値が安定するまで時定数の３倍程度の時間をおいて測定する。

対象物の内部に浸透した汚染の評価で用いる場合、対象物質のγ線ではない周囲からのγ線の影響を受けやすい。その場合は鉛等を用いたコリメータを用いて周辺からのγ線を低減する。

【参考文献】

- 廃棄物ガイドライン(事故由来放射性物質に汚染された廃棄物の処理等に関するガイドライン、第五部 放射能濃度等測定方法ガイドライン、平成25年3月、環境省
- 底質調査方法、平成24年8月、環境省 水・大気環境局
- JIS Q 17025-2005：試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項
- JIS K 0060-1992：産業廃棄物のサンプリング方法
- 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、平成4年、文部科学省
- 放射性セシウムを含む汚泥のサンプリング等に係る技術的事項について、別添23(消安第1939号)、平成23年6月27日
- 公益社団法人日本アイソトープ協会編、はじめての放射線測定、丸善出版、2012年12月
- 山崎興樹,殿内重政、ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリー、新潟県保健環境科学研究所年報第15巻2000、pp133～137
- 一般社団法人日本環境測定分析協会 放射能測定分析技術研究会編、第１回放射能クロスチェック報告書、平成24年12月
- International Atomic Energy Agency(IAEA)、Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements、IAEA-TECDOC-1401、2004.July
- 除染関係ガイドライン、平成25年5月第2版、環境省
- JAB RL364-2013、放射能測定を行う試験所についての認定指針、平成25年8月第4版、公益財団法人日本適合性協会

4.個別的事項

4-1.空間線量率

4-1-1.一般環境における測定

(1)測定の概要

生活空間の汚染状況の調査および汚染物(事故由来の放射性廃棄物、除染対象物等)の放射能調査・測定方法について示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「汚染状況重点調査地域内の汚染の状況の調査測定」(法第 34 条：施行規則第 43 条)に対応している。

空間線量率の測定の流れを図 4-1-1 に示す。

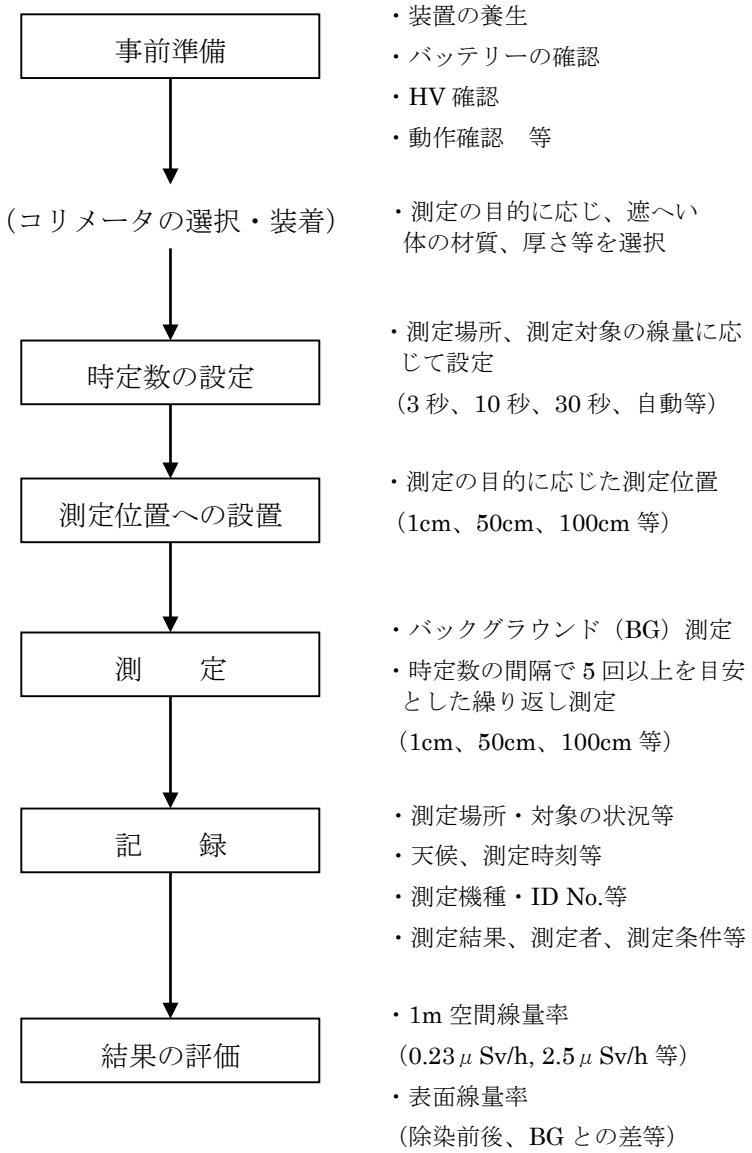


図 4-1-1　測定のフロー

(2)測定方法

①事前準備

・空間線量率の測定には、1 年以内に校正された NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータなどの空間線量計を使用する。

・使用する測定器が校正日から 1 年以内であることを確認する。

・測定機器の事前点検・日常点検として、電池残量、ケーブル・コネクタの破損、スイッチの動作等の点検およびバックグラウンド計数値の測定(注 1)を実施し、異常・故障の判断の目安とする。

(注 1)：バックグラウンドが大きく変化しない同一の場所で測定を行い、過去の値と比較して大きな変化が無いことを確認する。

・汚染防止のため検出器および機器本体をそれぞれビニール等で覆い、測定器に土壌や水滴が付着するのを防ぐ。また次回使用する前には、汚染検査を実施するか、養生を交換する。

・複数台の測定機器を用いて、空間線量率の測定を行う場合（例えば、同一地点で 50cm と 1m の異なる高さを同時に測定する場合や広い場所で測定点が多い場合など）事前に同じ高さ、同じ場所の空間線量率を測定し、機差を確認する (注 2)。

(注 2)：JIS Z 4333「X線およびγ線用線量当量率サーベイメーター」では、相対基準誤差の許容範囲は±（15＋U）％とされており、u は基準線量率の不確かさで概ね５％以内と考えられることから 20%の誤差が許容されるとした場合には、1 年以内に校正された同一機種であっても最大で 40%の差がある可能性があるので事前に確認が必要であり、機差が 20%以内の機種を使用すべきである。

・測定対象物の表面線量率（1 cm）を測定する場合等で、周辺からの放射線の影響が大きい場合には、それらの影響を小さくするために、鉛遮へい体等のコリメータを用いて測定する。鉛厚とγ線の透過率の関係を表 4-1-１に、コリメータの例を図 4-1-2 に示す。

表 4-1-1　鉛厚毎の 137Cs γ線透過率(理論値)

鉛厚（mm）	1	2	3	5	7	10	20
透過率	0.91	0.82	0.74	0.61	0.50	0.37	0.14

半価層（透過率＝ 0.5）を 7 mm として以下の式から透過率を算出

透過率＝0.5（t/ 7）　、t：厚さ（mm）

（出典：「除染効果の確認のための放射線測定手引書、平成 25 年 3 月、除染・廃棄物技術協議会　除染分科会線量ワーキンググループ」）

NaI サーベイメータ用コリメータ （プローブ全体を覆うタイプ）	NaI サーベイメータ用コリメータ （検出器部分を覆うタイプ）	GM サーベイメータ用コリメータ

図　4-1-2 コリメータの例

・測定位置を計測するためのメジャーや検出器を固定するスタンド(注 3)等を準備する。

（注 3）：スタンドの台の材質やサイズ、形状によっては、地表面からの放射線を遮へいする場合もあるので、例えば、鋼板状のものよりは、三脚のものを使用するなど遮蔽面積が小さいものを選択する。

・測定器の保管場所は、高温、低温、多湿の場所を避ける。

②測定位置・場所の選定

以下に測定の目的に応じた測定位置の例を示す。

【測定の目的と測定位置の例】

生活空間の汚染状況の調査等：地表面から高さ 1m（小学校等では 50cm）

汚染物の調査等：地表面や測定対象物の表面から 1cm

③測定

・検出器は地面から 1m の空間線量率を測定する場合には、地表面と水平にし、測定対象物の表面線量率（1cm）を測定する場合には垂直にする。

・装置の電源を入れ、時定数を設定できる装置については、測定する場所・位置で時定数の 3 倍以上の時間が経過した後、装置が安定するまで待つ。時定数の設定目安を表に示す。

・安定後、設定した時定数の時間を目安とした間隔（時定数が 30 秒の時には、30 秒間隔）で 5 回以上測定値を読み取り記録し、それらの平均値を測定結果とする。

表 4-1-2　時定数設定の目安

時定数	設定目安
3 秒 ・装置の安定時間は短いが、指示値の変動が大きい。	・高線量汚染のスクリーニング検査等 ※　精度よりも時間を優先する測定
10 秒	・通常の線量測定 ※　精度と時間の両方を優先する測定
30 秒 ・指示値の変動は少ないが装置の安定時間（90 秒以上）が長い。	・事故等による汚染のない場所等低線量の場所（バックグラウンド）の測定。 ※　時間よりも精度を優先する測定

④測定時の留意事項

・空間線量率は地面の状態によって、値が変動することから、測定地点の地面の状態（土、アスファルト等）を記録しておくことが望ましい。

・測定場所は、可能な限り周囲 1 m以内に樹木、建築物がない場所とする。

・検出器はなるべく体や固定スタンドから離す。

・測定機器の指示値が振り切れる場合は、レンジを切り替えて測定し最大レンジでも振り切れた場合には、そのレンジの最大値以上と読み取るか、電離箱等、高線量域で測定が可能な他の測定機器を用いて測定する。

・降雨雪の降り始めには、自然放射線の影響で空間線量率が上昇するので、雨雪の降り始めの測定は避ける。測定時に雨が降り始めた場合には、雨が止んで数時間経ってから再測定する。

・積雪した場合には、雪による放射線の遮へい効果で空間線量率は減少するため、積雪時にバックグラウンド測定を行った場合には、融雪時期にバックグラウンド値が高くなることに留意し、積雪がない時期に再測定を行う。

【空間線量率への降雨雪の影響】

ラドン子孫核種*は普段ちり状になって大気中を浮遊しているが、雨や雪が降ると雨滴や雪に付着して地表に落下し、雨が降り始めると空間線量率が上昇する。

Pb-214 や Bi-214 の半減期は共に短いため、雨が止む頃には空間線量率が下がり、元のレベルに戻る。

*: ラドン子孫核種

Rn-222 はガス状の物質であり、地中から大気中に放出される。

Rn-222 は放射性壊変し、子孫核種の鉛（Pb）-214 やビスマス（Bi）-214 となる。

以下の崩壊系列でウラン（U）-238 からラドン（Rn）-222 が生成する。

・^{238}U（4.5 x 10^9 年），^{234}Th（24.1 日），^{234}Pa（1.18 分），^{234}U（2.457 x 10^5 年），^{230}Th（75,000 年），^{226}Ra（1,600 年），^{222}Rn（3.82 日），^{218}Po（3.1 分），^{214}Pb（26.8 分），^{214}Bi（19.7 分），^{214}Po（164 マイクロ秒），^{210}Pb（22.3 年），^{210}Bi（5.01 日），^{210}Po（138 日），^{206}Pb（安定）

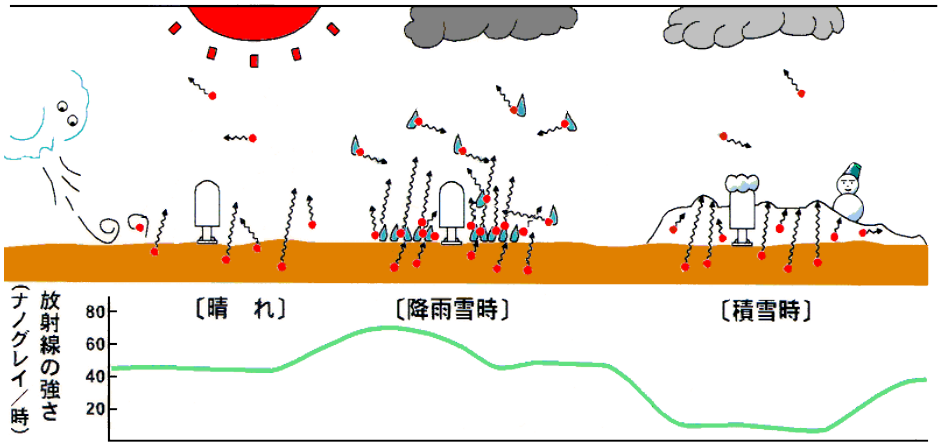


図 4-1-3　天候による空間線量率の変化

（福島県原子力センターのホームページより引用）

http://www.atom-moc.pref.fukushima.jp/rain_ref.html

(3)測定結果の評価

測定結果が以下の式を満足出来ていることを確認する。（バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍＋0.19μSv/h（追加で年間 1 ミリシーベルト）以内であること）

測定結果　≦　$\bar{x} + 3\sigma + 0.19$　（$\mu Sv/h$）

$\bar{x}$　：　バックグラウンド測定　値の平均値　（$\mu Sv/h$）

σ　：　バックグラウンド測定　値の標準偏差　（$\mu Sv/h$）

4-1-2.保管における測定

(1)測定の概要

指定廃棄物の保管場所および特定廃棄物の保管場所における空間線量率の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「指定廃棄物保管基準」(施行規則第 15 条第 11 号)および「指定廃棄物保管基準」(施行規則第 24 条第 4 号) に対応している。

空間線量率の測定の流れを図 4-1-4 に示す。

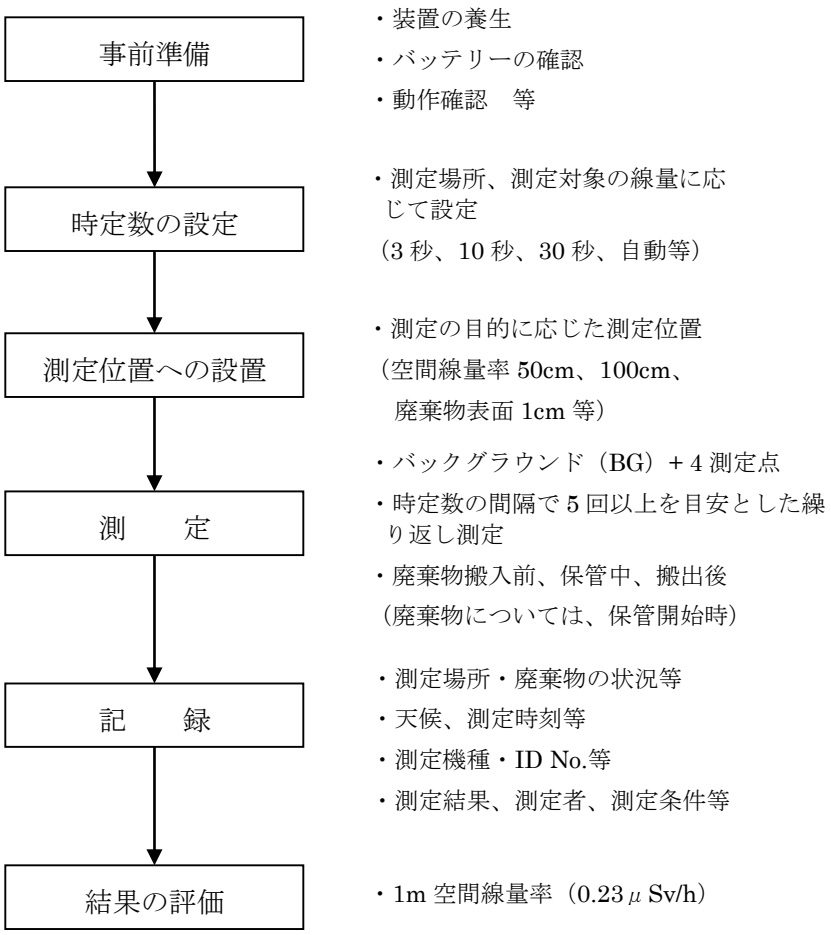


図 4-1-4　　測定のフロー

(2)測定方法

測定は以下の手順に従って行う。

①保管開始前の測定

・廃棄物の保管を開始する前に、保管場所に予定している敷地について、バックグラウンド測定を行う。

・測定地点は、保管を行う施設内の 4 地点とする。測定地点の例を図 4-1-5 に示す。

・すでに保管場所が決まっている場合は、保管後の測定を予定している地点（図 4-1-5）で行う。

・すでに保管が始まっている場合のバックグラウンド測定は、廃棄物から十分離れた地点において行う。

②保管開始後の測定

・保管開始後の測定地点は、公衆の立ち入りがある場所については保管の囲いの境界線、公衆の立ち入りがない場所については施設の敷地境界線とする。また、保管されている廃棄物から十分離れた地点においてバックグラウンドを測定する。

・囲いの境界線および施設の敷地境界線は、廃棄物の保管場所からの距離が最も近い境界線を含む 4 地点とする。測定地点の例を図 4-1-6 および図 4-1-7 に示す。

・保管されている廃棄物から十分離れた地点（バックグラウンド測定地点）は、廃棄物が保管されている場所から最も遠い施設の敷地境界線でもよい。

・測定地点は毎回同じ場所同じ高さとする。

・また、保管を開始した時に限り、廃棄物表面での線量率（廃棄物から 1cm を離れた位置での空間線量率）を測定し記録しておくことが望ましい。

③留意事項

・空間線量率は地面の状態によって、値が変動することから、測定地点の地面の状態（土、アスファルト等）を記録しておくことが望ましい。

・測定高さは地上 1m とする（除去土壌等を小学校の校庭等で保管する場合については、幼児・低学年児童等の生活空間を配慮し地上 50cm とすることも可能であるが、その際、測定地点は毎回同じ場所同じ高さとする）。

・測定場所は、可能な限り周囲 1m 以内に木、建築物がない場所とする。

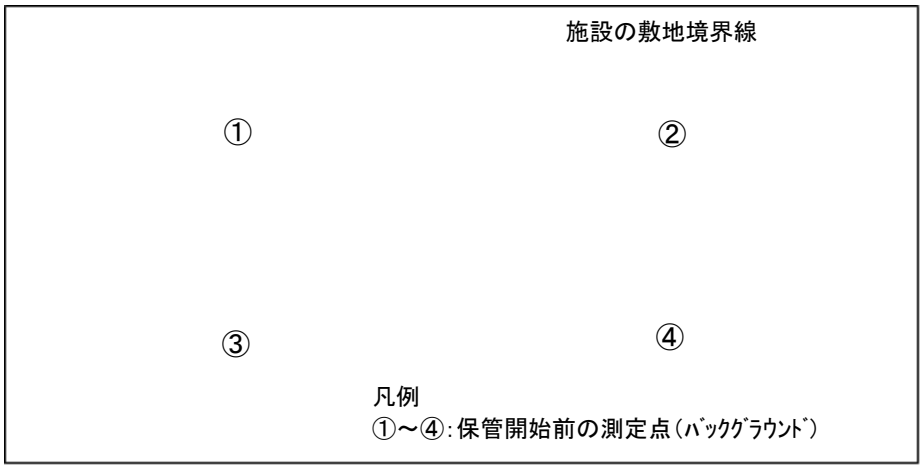
・検出器は地面と水平にし、なるべく体から離す。ただし、廃棄物表面での線量率の測定では、検出器は廃棄物に向ける。

・検出器は汚染防止のため、ビニール袋等で覆う。

・測定機器は、日常点検として、電池残量、ケーブル・コネクタの破損、スイッチの動作等の点検およびバックグラウンド計数値の測定（バックグラウンドが大きく変化しない同一の場所で測定を行い、過去の値と比較して大きな変化が無いことを確認）を実施し、異常・故障の判断の目安とする。

・測定値は安定後、5 回測定値を読み取り、5 回の平均値を測定結果とする。

・測定機器の指示値が振り切れる場合はレンジを切り替えて測定し、最大レンジでも振り切れた場合には、そのレンジの最大値以上と読み取るか、他の機種の測定機器を用いて測定する。



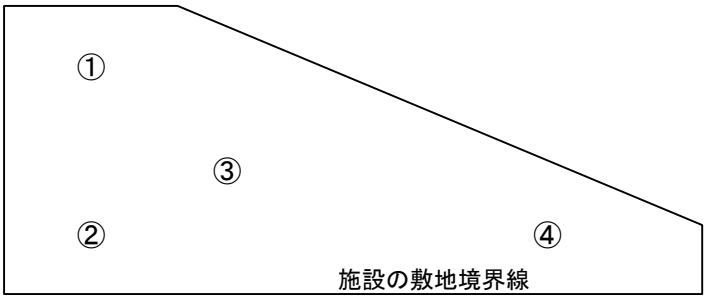
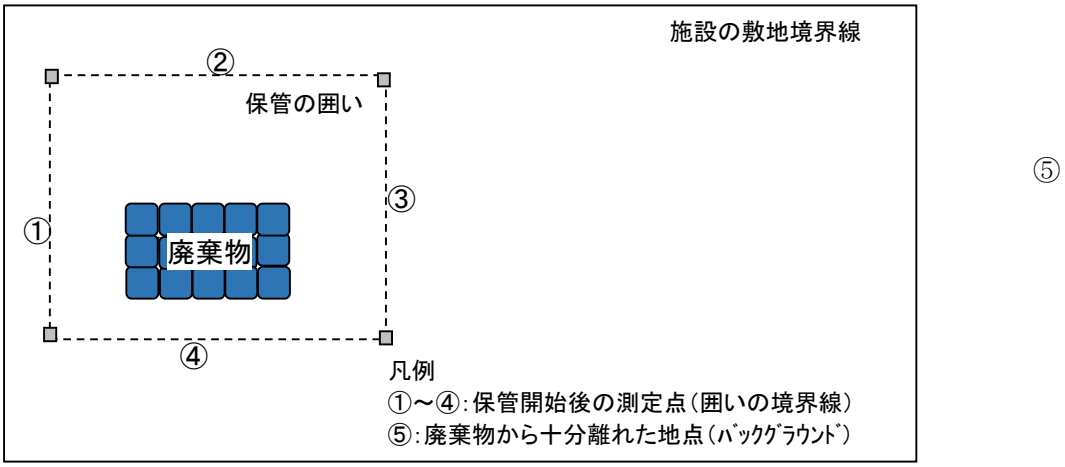
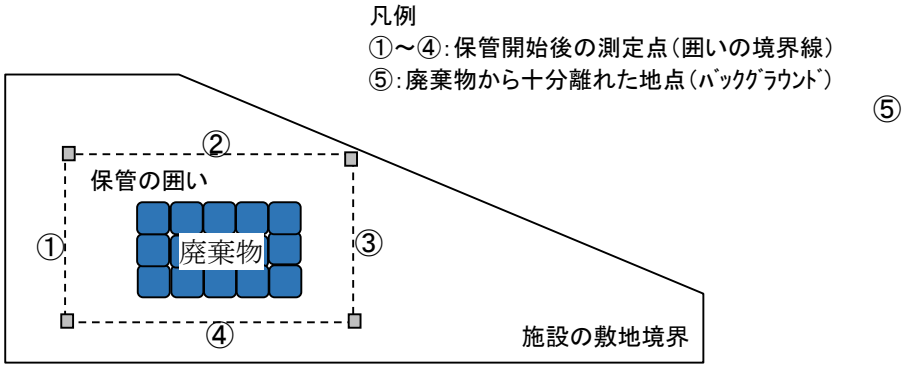


図4-1-5　保管開始前の測定地点例（保管場所が未定の場合）

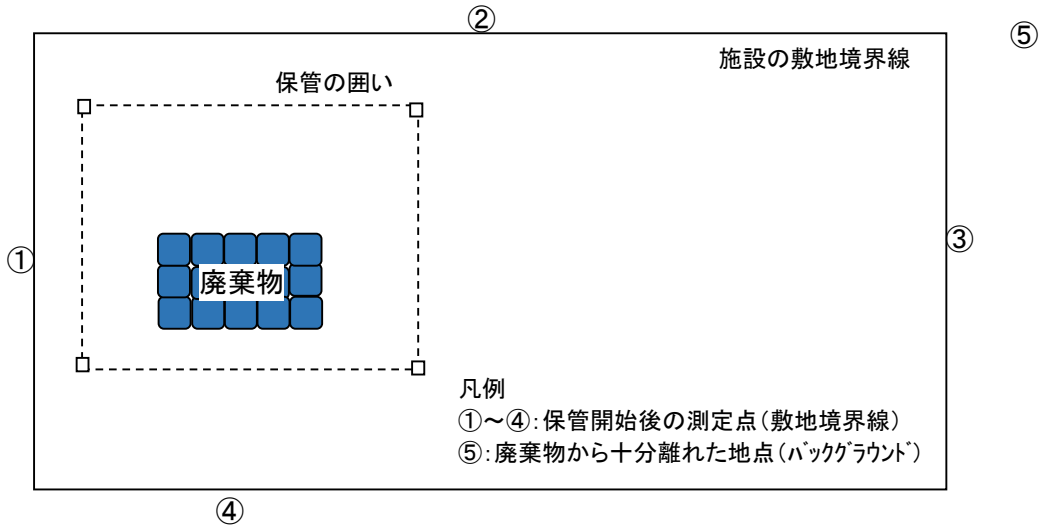


⑤



⑤

図4-1-6　保管開始後に公衆の立ち入りがある場合の測定地点例



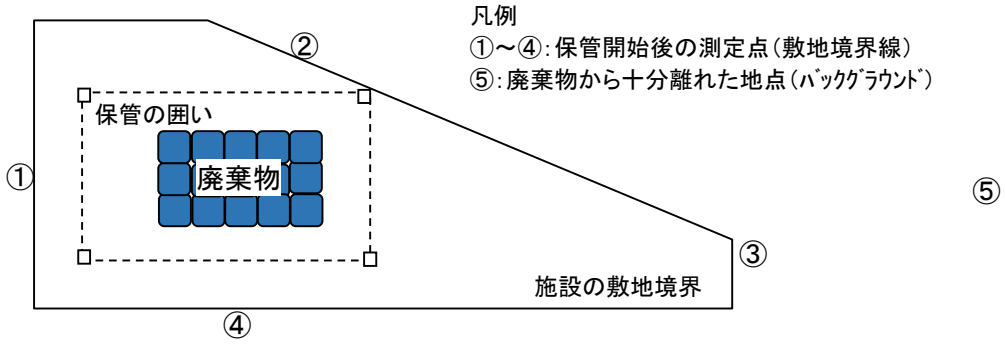


図4-1-7　保管開始後に公衆の立ち入りがない場合の測定地点例

(3)測定結果の評価

搬入期間中は、囲いまたは敷地境界線の測定結果が以下の式を満足出来ていることを確認する。（バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍＋0.19μSv/h（追加で年間１ミリシーベルト）以内であること）

囲い又は敷地境界線の 測定結果 ≦ $\bar{x} + 3\sigma + 0.19$ （$\mu Sv/h$）

$\bar{x}$ ： バックグラウンド測定 値の平均値 （$\mu Sv/h$）

σ ： バックグラウンド測定 値の標準偏差 （$\mu Sv/h$）

搬入完了後は、バックグラウンドと「おおむね同程度」であることを確認する。おおむね同程度とは、バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍以内とする(注 4)

（注 4）：原子力安全委員会「環境放射線モニタリング指針」（平成 22 年 4 月一部改訂）では、「1 基のモニタリングポストから経時的に得られる測定値のように、良く管理された条件の下で有意な測定値が多数得られた場合には、この測定値を統計処理し、過去の測定値の平均値±（3×標準偏差）を平常の変動幅とするものとする。」とされている。

4-1-3.運搬時における測定

(1)測定の概要

事故由来の放射性物質に汚染された廃棄物運搬時の空間線量率の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「特定廃棄物収集運搬基準」(施行規則第 23 条第 1 項第 4 号)に対応している。

空間線量率の測定の流れを図 4-1-8 に示す。

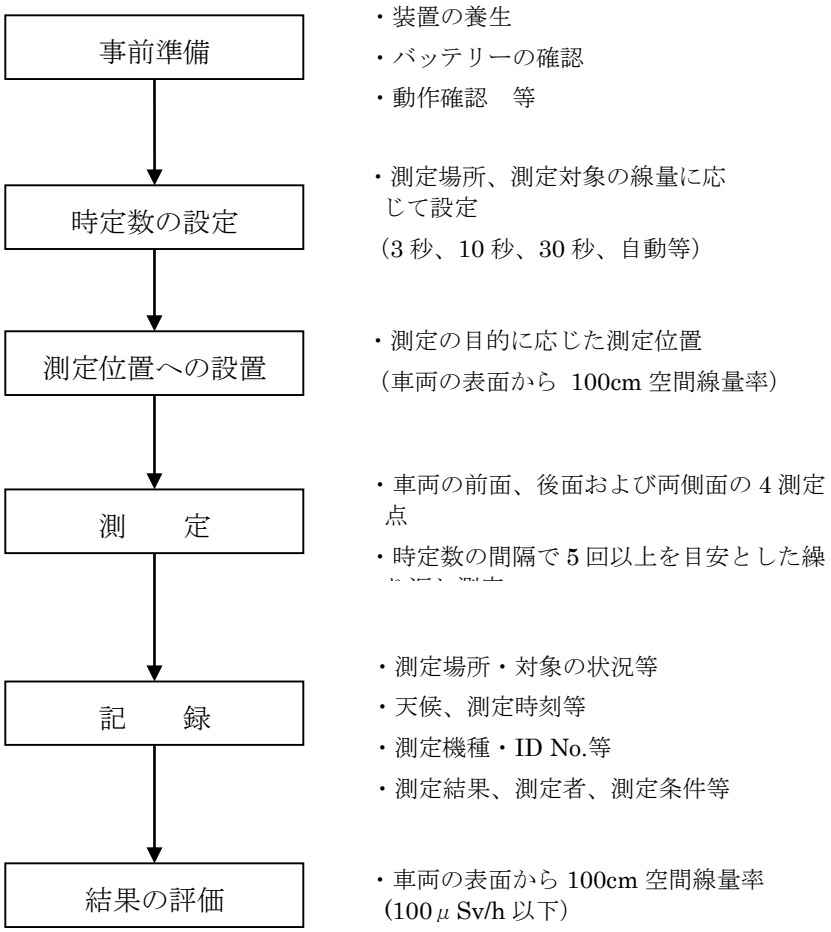


図 4-1-8　　測定のフロー

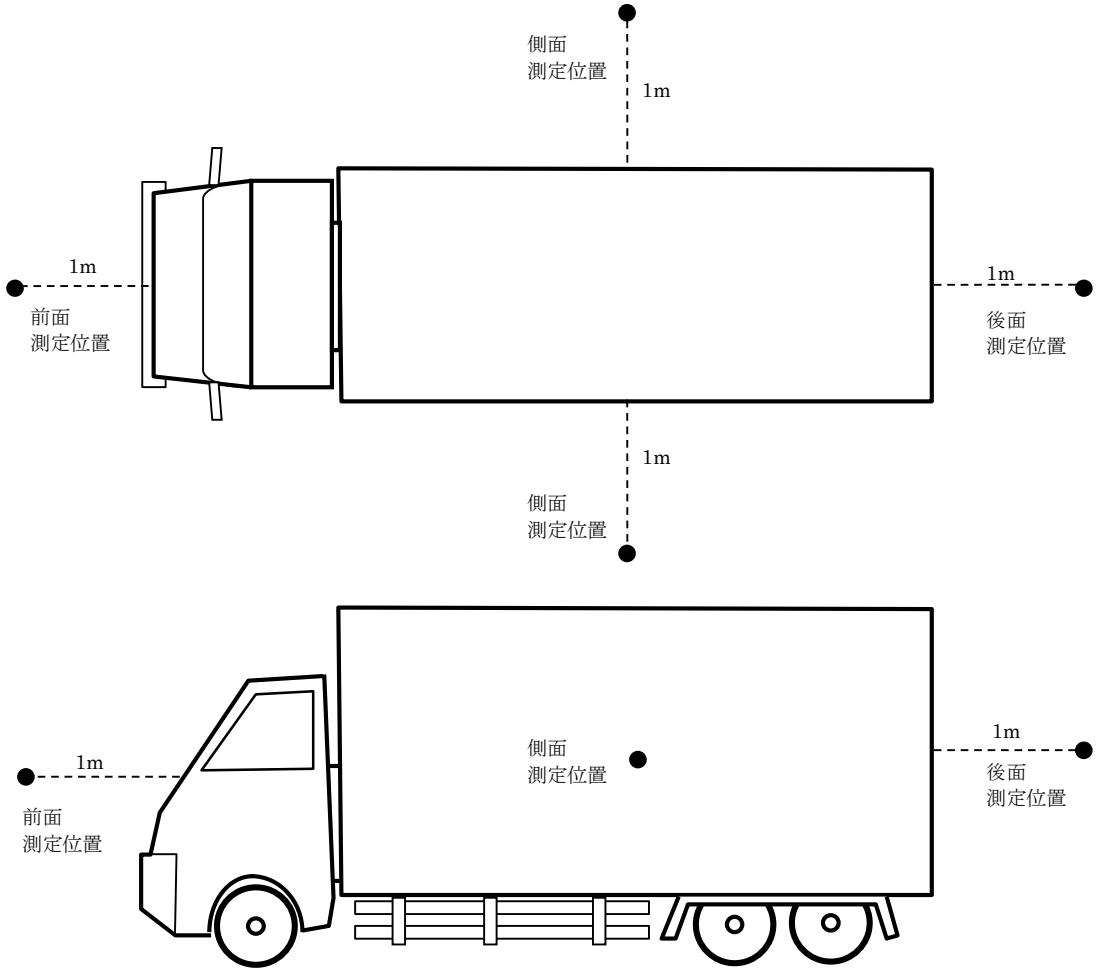
(2)測定方法

廃棄物を積載した車両について測定をする場合は以下の手順に従い、車両から 1m での空間線量率を測定する。

・測定箇所は、車両の前面、後面および両側面（車両が開放型のものである場合は、その外輪郭に接する垂直面）とする。測定点の例を図 4-1-9 および図 4-1-10 に示す。

・測定は車両表面から 1m 離れた位置で行う。

・検出器は地面と水平にし、なるべく体から離す。
・測定は各面でスクリーニングを行い、最も空間線量率が高い箇所で行う。空間線量率の高い箇所が不明な場合は各面の中央で測定を行う。
・検出器は汚染防止のため、ビニール袋等で覆う。
・測定機器は、日常点検として、電池残量、ケーブル・コネクタの破損、スイッチの動作等の点検およびバックグラウンド計数値の測定（バックグラウンドが大きく変化しない同一の場所で測定を行い、過去の値と比較して大きな変化が無いことを確認）を実施し、異常・故障の判断の目安とする。
・測定値は安定後、5回測定値を読み取り、5回の平均値を測定結果とする。
・測定機器の指示値が振り切れる場合はレンジを切り替えて測定し、最大レンジでも振り切れた場合には、そのレンジの最大値以上と読み取るか、他の機種の測定機器を用いて測定する。



※測定は各面でスクリーニングを行い、最も空間線量率が高い箇所で行う。空間線量率の高い箇所が不明な場合は各面の中央で測定を行う。

図4-1-9　測定点の例①

（出典：廃棄物関係ガイドライン、第五部　放射能濃度測定方法ガイドライン、平成25年3月　第2版、環境省）

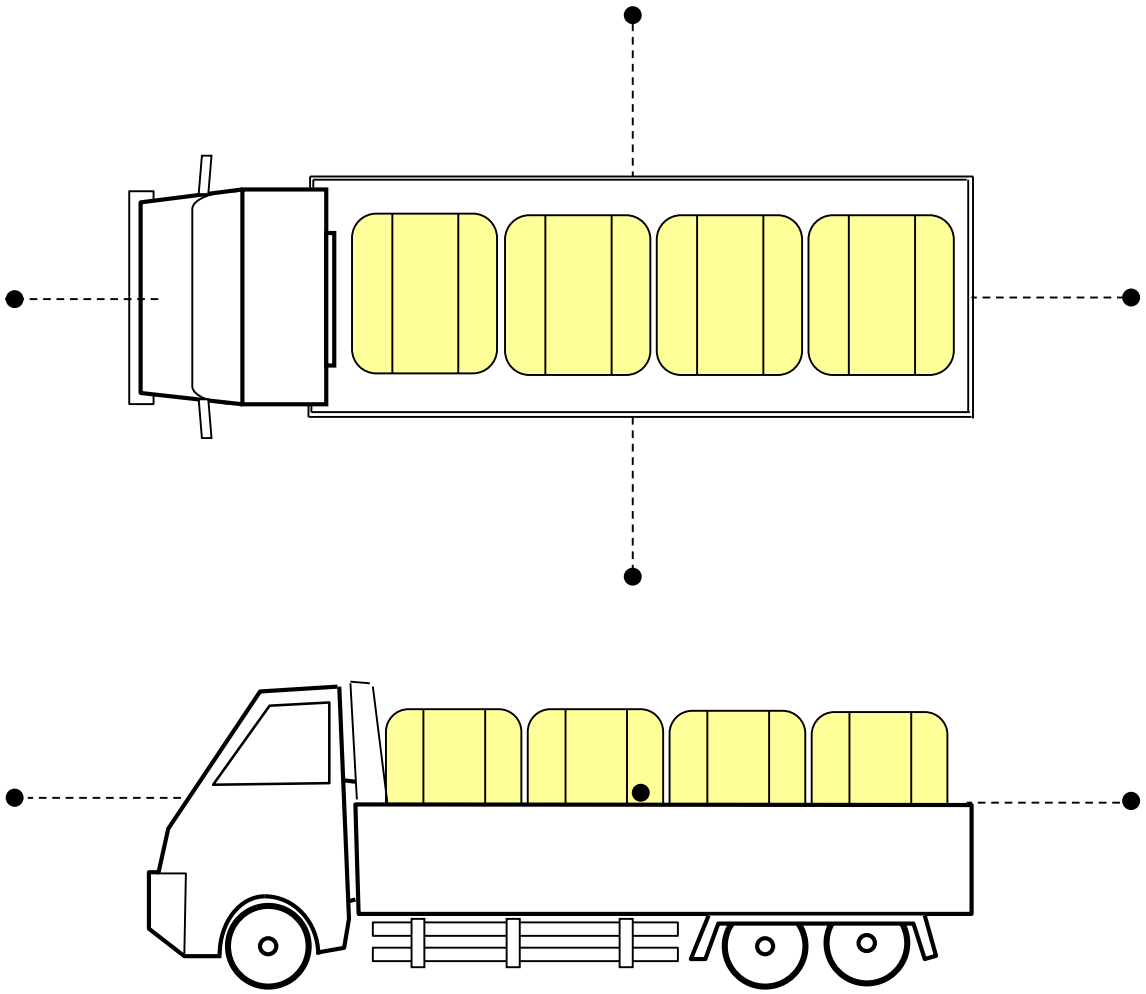


図4-1-10　測定点の例

（出典：廃棄物関係ガイドライン、第五部　放射能濃度測定方法ガイドライン、平成25年3月　第2版、環境省）

(3)測定結果の評価

空間線量率は、各面において車両から 1m の空間線量率が 100μSv/h 以下であること。超えた場合は廃棄物の種類や積載量を調整する。

4-1-4.焼却施設、汚泥の脱水施設等における測定

(1)測定の概要

特定一般廃棄物施設、特定産業廃棄物施設および特定廃棄物の処理を行う事業所の敷地境界での空間線量率の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「特定一般廃棄物処理施設維持管理基準」(施行規則第 33 条第 1 項第 1 号ハ)、「特定産業廃棄物処理施設維持管理基準」(施行規則第 35 条第 1 項第 1 号ロ)および「特定廃棄物処分基準」(施行規則第 25 条第 1 項第 7 号)に対応している。

空間線量率の測定の流れを図 4-1-11 に示す。

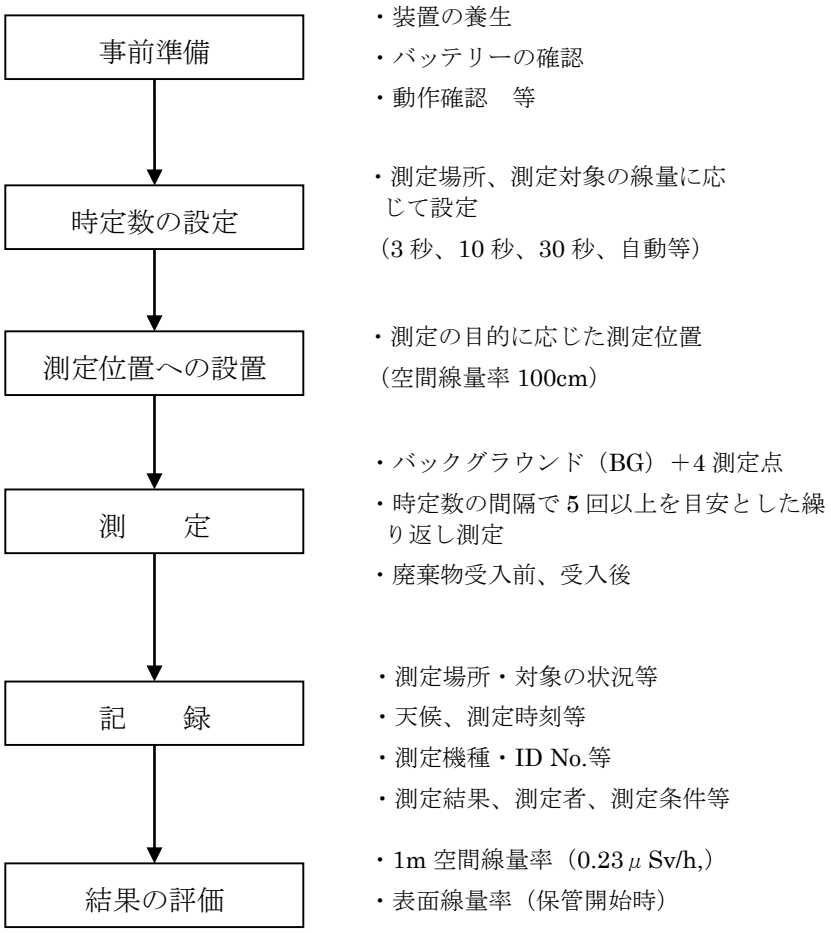


図 4-1-11　　測定のフロー

(2)測定方法

測定は以下の手順に従って行う。

①廃棄物の受入を開始する前の測定

・廃棄物の受入を開始する前に敷地境界線において、バックグラウンド測定を行う。測定地点の例を

図 4-1-12 に示す。

・すでに受入し、焼却施設等が稼動している場合のバックグラウンド測定は、焼却施設等から十分離れた地点において行う。

②廃棄物受入後の測定

・廃棄物の受入後の測定地点は焼却等の設備から最も近い敷地境界線を含む 4 地点とする。また、焼却施設から十分に離れた地点においてバックグラウンドを測定する。測定地点の例を図 4-1-13 に示す。

・焼却等設備から十分離れた地点（バックグラウンド測定地点）は、廃棄物の焼却等の設備から最も遠い施設の敷地境界線でもよい。

・測定地点は毎回同じ場所とする。

③留意事項

・空間線量率は地面の状態によって、値が変動することから、測定地点の地面の状態（土、アスファルト等）を記録しておくことが望ましい。

・測定高さは地上 1m とする。

・測定場所は、可能な限り周囲 1m 以内に樹木、建築物がない場所とする。

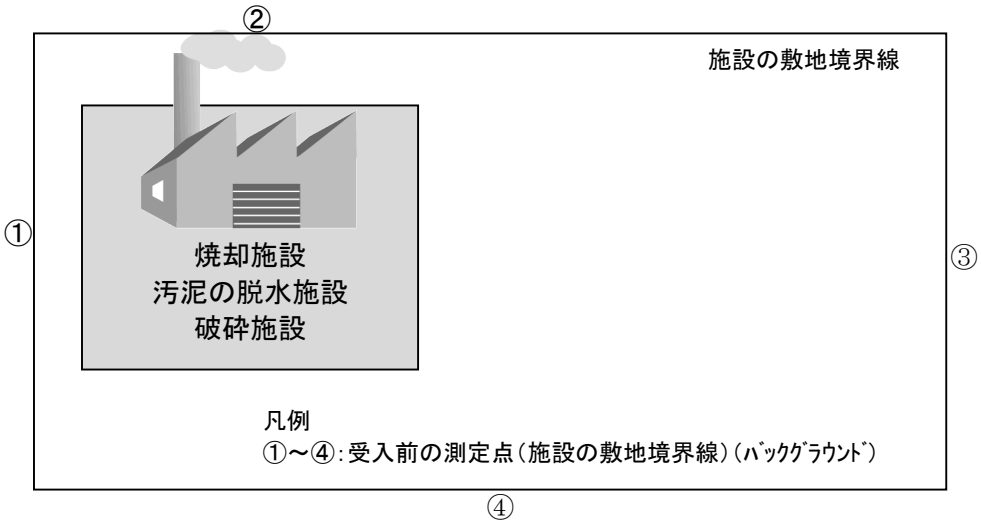
・検出器は地面と水平にし、なるべく体から離す。

・検出器は汚染防止のため、ビニール袋等で覆う。

・測定機器は、日常点検として、電池残量、ケーブル・コネクタの破損、スイッチの動作等の点検およびバックグラウンド計数値の測定（バックグラウンドが大きく変化しない同一の場所で測定を行い、過去の値と比較して大きな変化が無いことを確認）を実施し、異常・故障の判断の目安とする。

・測定値は安定後、5 回測定値を読み取り、5 回の平均値を測定結果とする。

・測定機器の指示値が振り切れる場合はレンジを切り替えて測定し、最大レンジでも振り切れた場合には、そのレンジの最大値以上と読み取るか、他の機種の測定機器を用いて測定する。



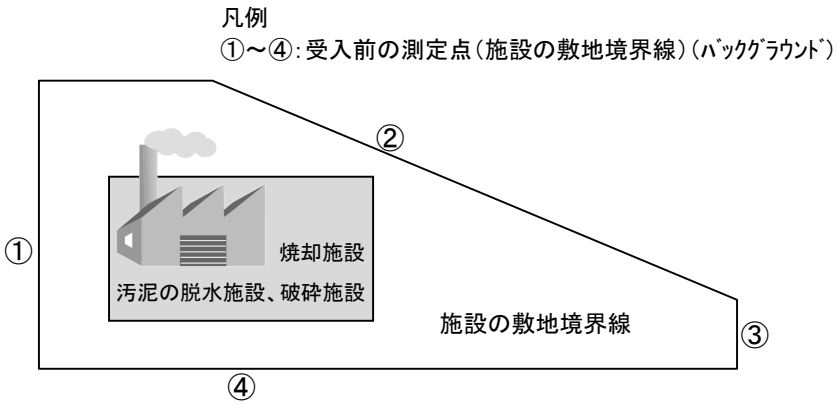


図4-1-12　廃棄物の受入を開始する前の測定地点の例

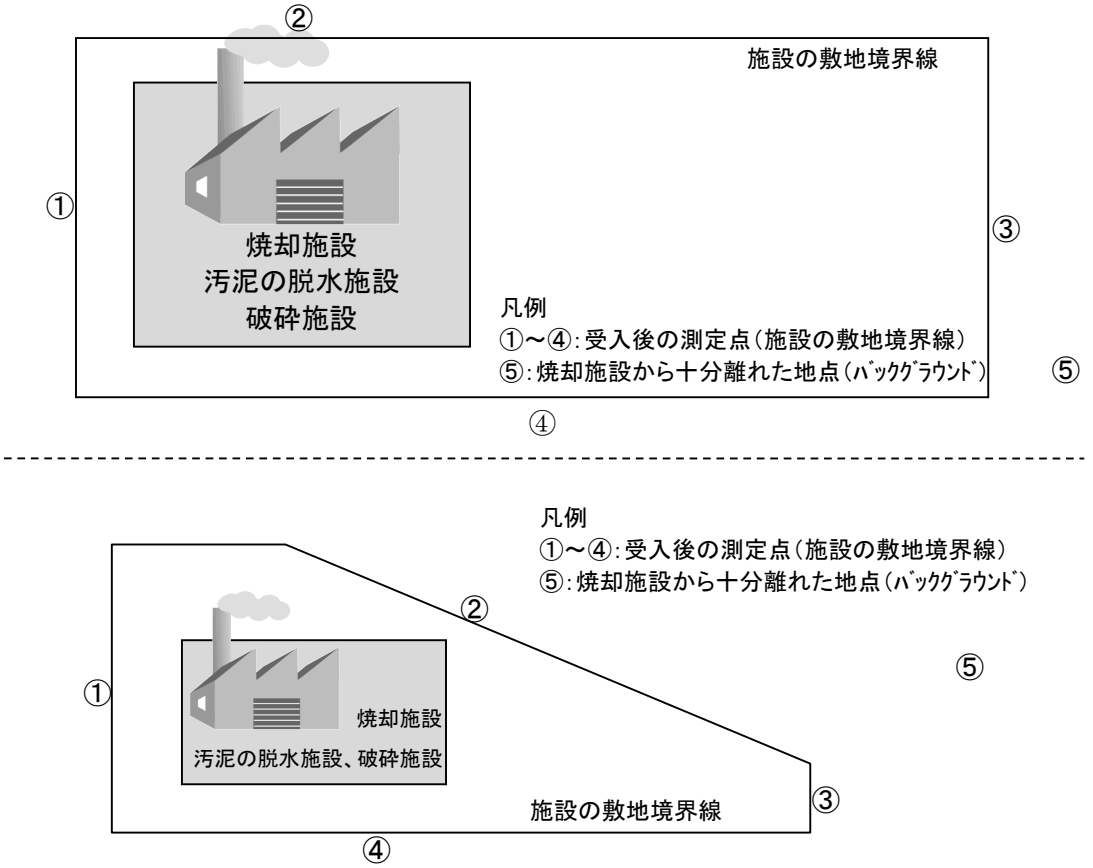


図4-1-13 廃棄物の受入後の測定地点の例

(3)測定結果の評価

廃棄物の受入期間中は、以下の式を満足していることを確認する。(敷地境界線の測定結果がバックグラウンド測定値の平均値＋標準偏差の 3 倍＋0.19μSv/h (追加で年間 1 ミリシーベルト) 以内であることを確認する。)

測定結果 ≦ $\bar{x} + 3\sigma + 0.19$ $(\mu Sv/h)$

$\bar{x}$ ： バックグラウンド測定 値の平均値 $(\mu Sv/h)$

σ ： バックグラウンド測定 値の標準偏差 $(\mu Sv/h)$

受入後は、バックグラウンドと「おおむね同程度」であることを確認する。おおむね同程度とは、バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍程度とする。

4-1-5.埋立処分場における測定

(1)測定の概要

特定一般廃棄物・特定産業廃棄物に係る最終処分場および特定廃棄物の最終処分場の敷地境界における空間線量率の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「特定一般廃棄物埋立基準」(施行規則第 33 条第 1 項第 2 号イ)、「特定産業廃棄物埋立基準」(施行規則第 35 条第 1 項第 2 号)および「特定廃棄物の埋立基準」(施行規則第 26 条第 1 項第 4 号)に対応している。

空間線量率の測定の流れを図 4-1-14 に示す。

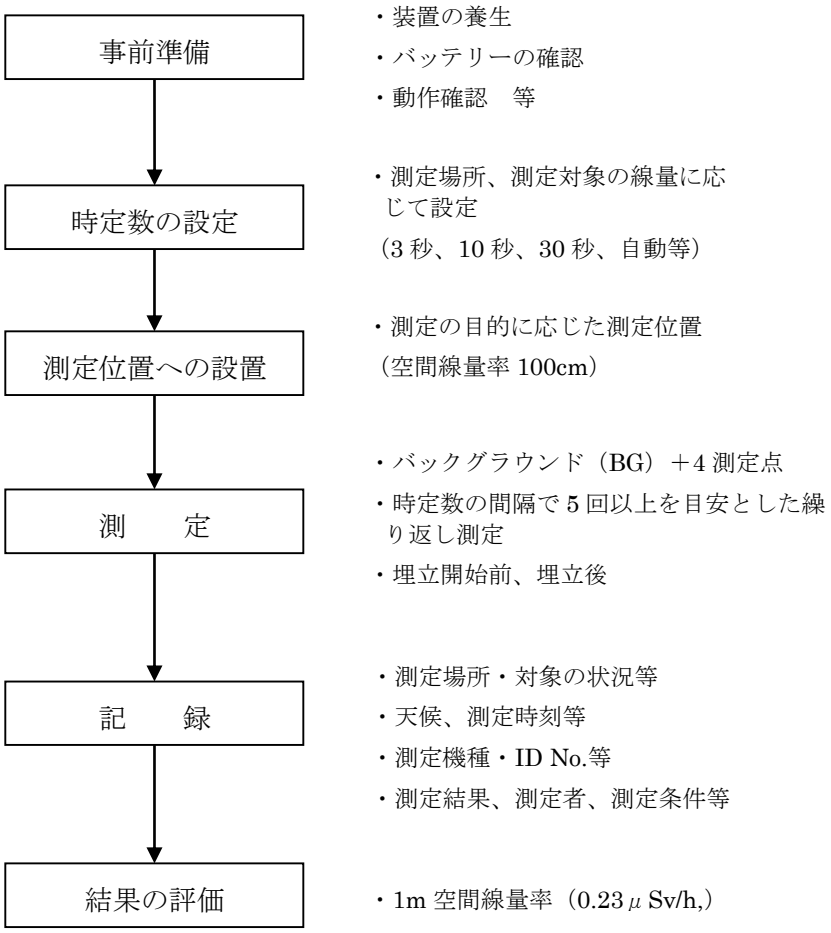


図 4-1-14　　測定のフロー

(2)測定方法

測定は以下の手順に従って行う。

①埋立を開始する前の測定

・埋立を開始する前に敷地境界線において、バックグラウンド測定を行う。測定地点の例を図 4-1-15

に示す。

・すでに埋立を開始している場合のバックグラウンド測定は、埋立場所から十分離れた地点において行う。

②埋立開始後の測定

・埋立開始後の測定地点は敷地境界の 4 地点とする。また、埋立場所から十分に離れた地点においてバックグラウンドを測定する。測定地点の例を図 4-1-16 に示す。

・埋立場所から十分離れた地点（バックグラウンド測定）は、埋立場所から敷地までの距離が最も遠い敷地境界線でもよい。

・敷地境界の測定地点は毎回同じ場所とする。

③留意事項

・空間線量率は地面の状態によって、値が変動することから、測定地点の地面の状態（土、アスファルト等）を記録しておくことが望ましい。

・測定高さは地上 1m とする。

・測定場所は、可能な限り周囲 1m 以内に樹木、建築物がない場所とする。

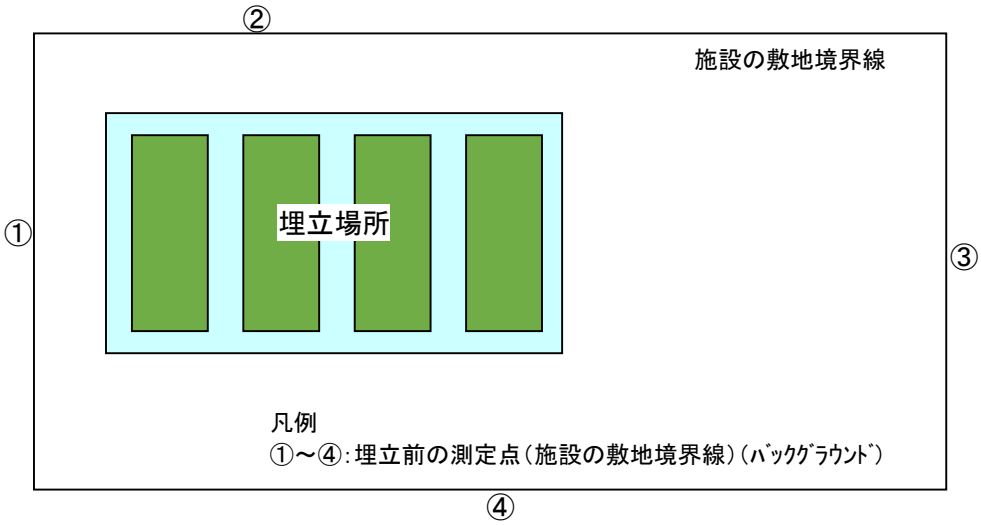
・検出器は地面と水平にし、なるべく体から離す。

・検出器は汚染防止のため、ビニール袋等で覆う。

・測定機器は、日常点検として、電池残量、ケーブル・コネクタの破損、スイッチの動作等の点検およびバックグラウンド計数値の測定（バックグラウンドが大きく変化しない同一の場所で測定を行い、過去の値と比較して大きな変化が無いことを確認）を実施し、異常・故障の判断の目安とする。

・測定値は安定後、5 回測定値を読み取り、5 回の平均値を測定結果とする。

・測定機器の指示値が振り切れる場合はレンジを切り替えて測定し、最大レンジでも振り切れた場合には、そのレンジの最大値以上と読み取るか、他の機種の測定機器を用いて測定する。



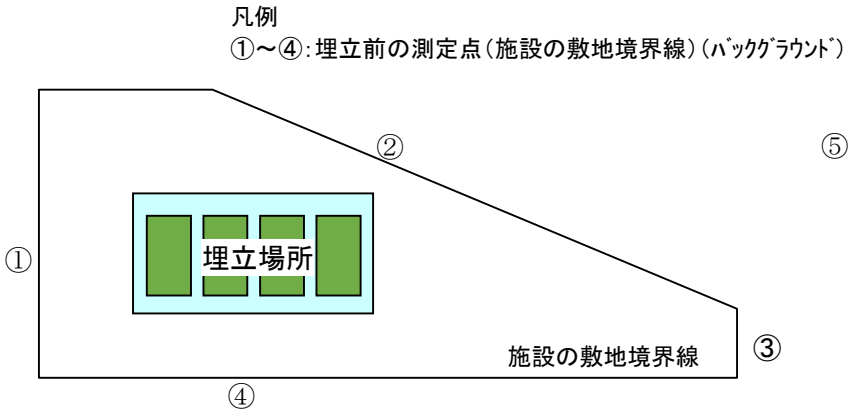


図4-1-15　埋立を開始する前の測定地点の例

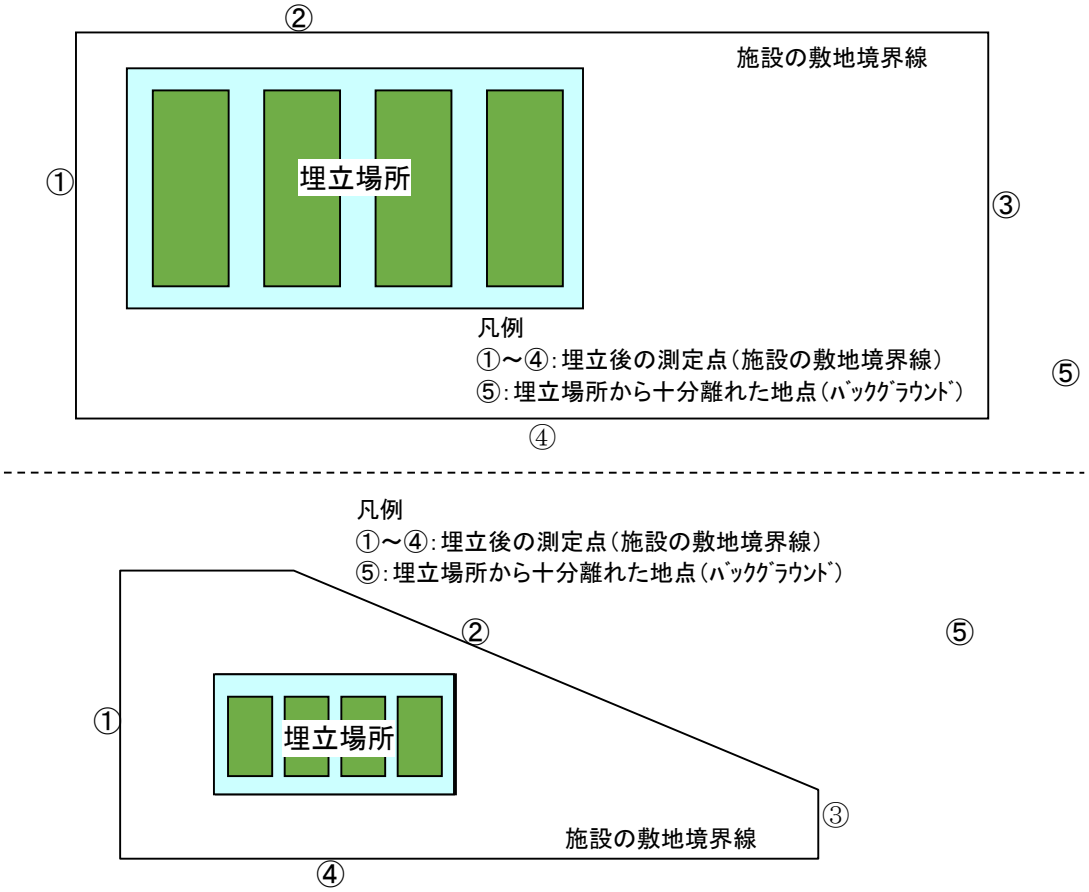


図4-1-16　埋立を開始後の測定地点の例

(3)測定結果の評価

廃棄物の受入期間中は、敷地境界線の測定結果が以下の式を満足することを確認する。(バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍＋0.19μSv/h（追加で年間 1 ミリシーベルト）以内であること)

敷地境界線の測定結果　≦　$\bar{x}+3\sigma+0.19$　$(\mu Sv/h)$

$\bar{x}$　：　バックグラウンド測定 値の平均値　$(\mu Sv/h)$

σ　：　バックグラウンド測定 値の標準偏差　$(\mu Sv/h)$

受入後は、バックグラウンドと「おおむね同程度」であることを確認する。おおむね同程度とは、バックグラウンド測定値の平均値＋バックグラウンド測定値の標準偏差の 3 倍以内とする。

【参考文献】

・ 除染関係ガイドライン、第 1 編 汚染状況重点調査地域内における環境の汚染状況の調査測定方法に係るガイドライン、平成 25 年 5 月　第 2 版、環境省

・ JIS Z 4511-2005、照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器および線量当量測定器の校正方法

・ JIS Z 4333-2006、X線およびγ線用線量当量率サーベイメータ

・ 確認校正マニュアル、平成 17 年 3 月 20 日、(財) 原子力安全技術センター
(http://www.nustec.or.jp/jisz4511/kakuninmanual.pdf)

・ 廃棄物関係ガイドライン、第五部　放射能濃度等測定方法ガイドライン、平成 25 年 3 月 第 2 版、環境省

・ 除染効果確認のため放射線測定手引書、平成 25 年 3 月、除染・廃棄物技術協議会 除染分科会線量評価ワーキングループ (http://tacrwm.jp/03_techinfo/pdf/guide_all.pdf)

4-2.排ガス

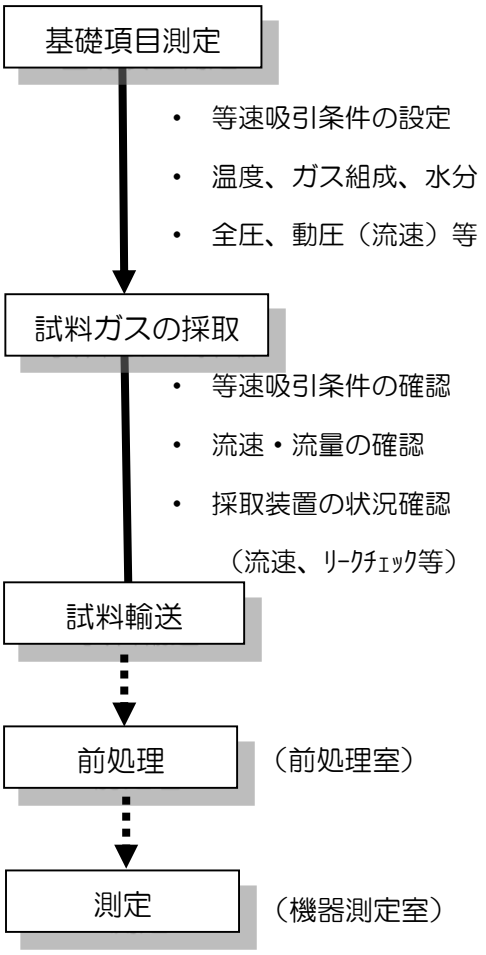
4-2-1.測定の概要

事故由来の放射性物質に汚染された廃棄物（特定一般廃棄物、特定産業廃棄物および特定廃棄物）の処分に伴い生じた排ガスの放射能測定方法について示す。なお、本方法は、放射性物質対処特措法の特定廃棄物処分基準(施行規則第 25 条第 1 項第 5 号)、特定一般廃棄物処理施設維持管理基準(施行規則第 33 条第 1 項第 1 号)および特定産業廃棄物維持管理基準(施行規則 35 条第 1 項第 1 号)に対応している。

排ガス中の放射性セシウムの採取法の基礎となっている規格は JIS Z 8808（排ガス中のダスト濃度の測定）である。排ガスはダイオキシン類の発生抑制対策を目的として急冷され、また、集塵フィルタ（バグフィルター）によりばいじんの高度除去が行われており、その後の処理排ガスを採取することとなる。放射性セシウムの排ガス中での存在態を考慮した場合、高温時に気体状あるいは液状で存在していたセシウムは、排ガス処理の過程で凝縮して固体状態になり、他の物質と一緒に粒子化して、ばいじんになると考えられる。一般廃棄物焼却処理では、セシウムの存在化学形として塩化セシウムが主体と考えられるが、その排ガス温度域での蒸気圧（ガス態が飽和する濃度）は、一般的に揮発性の低いダイオキシン類と比較しても 9～11 桁ほど低く、極めて低いという蓋然性をもった推算がされている（(独)国立環境研究所：放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分（技術資料 第三版)、平成 24 年)。このことから JIS Z 8808 に準拠した試料採取法が採用され、ろ紙後段のドレン部は、万一のろ紙破損時のバックアップとして保証的に機能させるという採取方式が採られている。なお、発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定においても、放射性セシウムの採取については、本法と同様に集塵ろ紙を用いて捕集するものと規定されている（発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針)。

排ガスの測定では、JIS Z 8808 に準じて、試料ガスの基礎項目の測定を行った後、代表点（測定点）を選定し、原則として等速吸引により、試料ガスの採取を行う。

試料ガス採取の概要を図 4-2-1 に示す。



・ 試料ガスは、原則として等速吸引により採取する。採取前に代表点の選定と等速吸引条件の設定のため、基礎項目（排ガス温度、ガス組成、水分量、全圧、動圧、分布等）の測定を行う。

・ 基礎項目測定の結果から、平均流速に近い測定点を代表点として選定し、試料ガス採取装置を組んで、等速吸引条件で採取する。
・ 採取中に等速吸引条件、流速・流量、採取装置の状況など必要に応じて確認する。なお、試料ガス採取量は、表 4-2-2 の検出下限濃度を満たすため、4 時間以上、標準状態として 3m^{3}以上を目安とする。

・ 試料ガス採取終了後、採取装置を解体し、開口部等を密封、個別にチャック付ビニール袋等に保管、また、ろ紙および吸収液は適宜、密封あるいは密封容器等に移し替え、前処理室に搬送する。
・ 必要に応じて、試料調製を行い、測定用にマリネリ容器や U８容器等に試料を充填したものを機器測定室に持ち込み測定する。

図 4-2-1　試料ガス採取概要

4-2-2.試料ガス採取装置

排ガス中の放射性セシウムをフィルタによる「ろ過捕集」および吸収瓶による「液体捕集」で捕集する採取装置(注 1)とする。試料ガス採取装置例（ろ紙捕集器は、JIS Z 8808 に規定される 1 形）を図 4-2-2 に示す。

なお、排ガス温度が高い場合や採取口が小さい場合は、ろ紙捕集器が、JIS Z 8808 に規定される 2 形（図 4-2-3 参照）による採取を行うが、採取管からろ紙捕集器までのラインに水分が結露・凝縮しないように保温または加熱（120℃程度）して、ろ紙の破損を防ぐこと。ダストが多い場合は、ろ紙を適宜、交換(注 2)する。

採取用ろ紙は、シリカ繊維製の円形または円筒形のものを使用する。なお、排ガス温度が低い場合には、ふっ素樹脂性等の有機性ろ紙も使用できる。但し、材質によっては、腐食性ガス等の影響によりろ紙が破損する場合があるので使用にあたり十分留意すること。

液体捕集に使用する純水は、放射能を含まない水(蒸留水、精製水など)を使用する。

(注 1)：排ガス温度が 200℃未満の場合、放射性セシウムは、ほぼ完全にろ紙部に捕集される。吸収瓶はバックアップとして設置する。

(注 2)：円筒ろ紙の場合、ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー分析に供する測定容器（例えば、U-8）に充填できる本数以内とする。

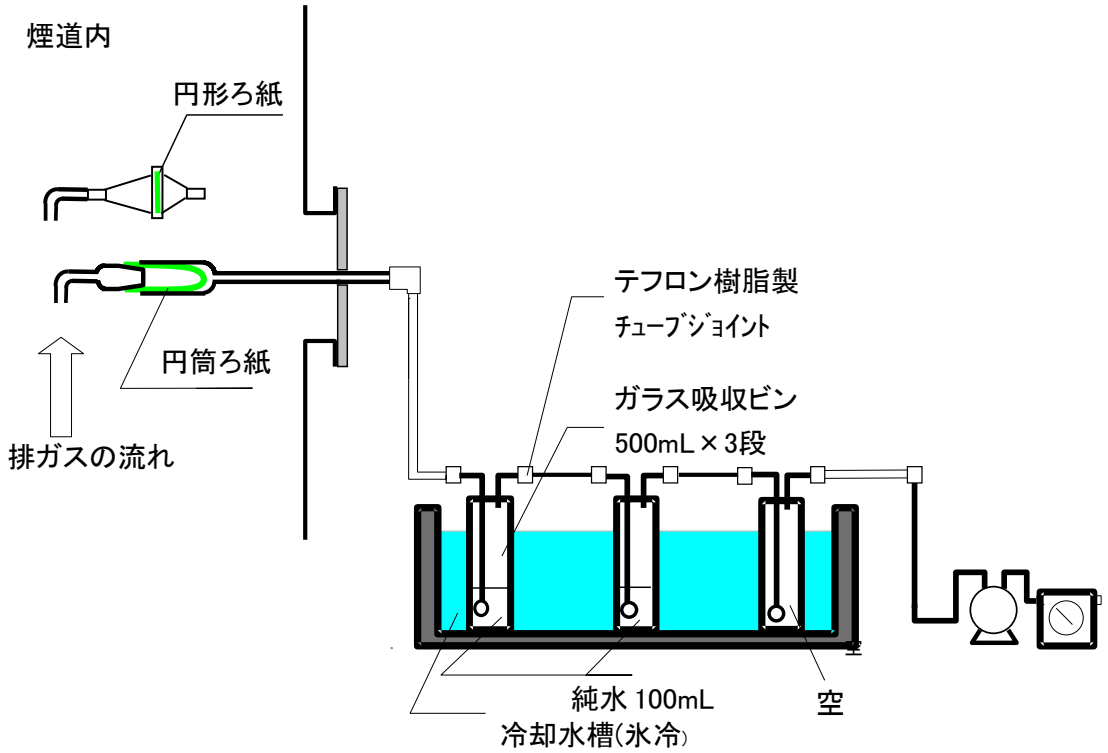


図 4-2-2　試料ガス採取装置（ダスト捕集器 1 形）概念図例

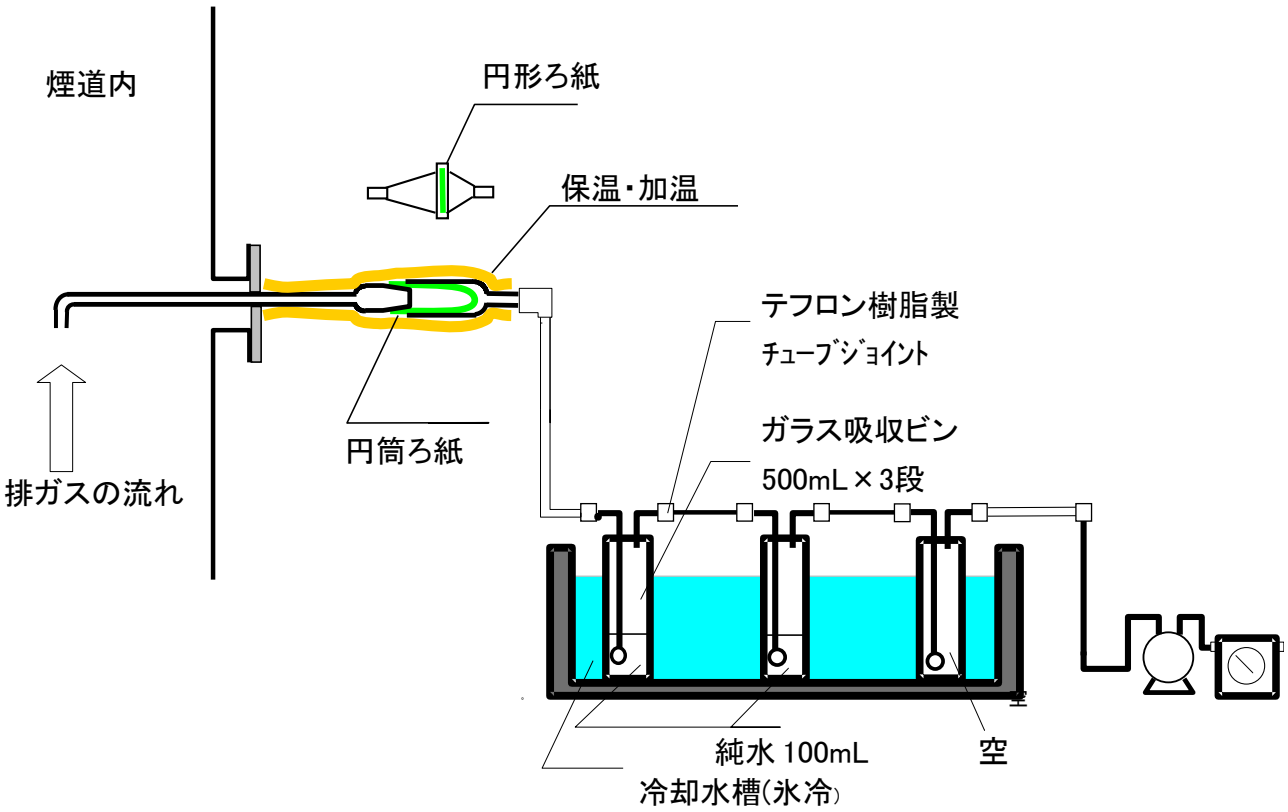


図 4-2-3　試料ガス採取装置（ダスト捕集器 2 形）概念図例

4-2-3.試料ガスの採取

排ガス中の放射能濃度については、通常は排出口においてのみ測定を行う。

試料ガスの採取に先立ち、測定目的に応じた試料採取計画を策定し、以下の項目を測定する。

・排ガス中の水分量の測定

・ガス組成の測定（参考データとして酸素換算値が可能なように酸素濃度を記録しておく）

・排ガスの流速および分布並びに流量の測定

上記測定の結果から、代表性を考慮して測定点（代表点）を選定し、等速吸引条件の設定を行う。等速吸引速度は、概ね 15L/min 以下とする。等速吸引量の測定および吸引量の調節は、測定点の排ガス流速に対して相対誤差－5～＋10%の範囲内に保つように、最低でも 60 分毎に確認・調整すること。

試料ガスの採取時間は、目的に応じて設定するが、原則として燃焼が安定している状態で 4 時間以上とする。(燃焼排ガスの代表性を考慮して)

試料ガス採取量は、検出下限濃度を担保できる量とするが、原則として標準状態（0℃、101.3ｋPa）として 3000L 以上を目安とする。また、吸収瓶の捕集水と採取管等の洗浄液を合わせた捕集液の合量が 2L を超えないように採取条件を設定(注 3)、(注 4)する。

なお、試料ガス採取前にはサンプリング系の漏れ試験を JIS K 0311 に従って実施し、サンプリング中も O_2モニタリングなどで確認を行うことが望ましい。

(注 3)：ドレン部の液合が、ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー分析に供する

測定容器（2L マリネリ容器）の容量である 2L を超えた場合は、試料の代表性に配慮し、加熱濃縮あるいは試料を分取して測定に供すること。

（注 4）: 放射性セシウムは、大部分、粒子状物質としてダスト捕集部に存在するため、特に、ろ紙を破損しないように十分留意すること。

4-2-4.採取試料の取扱い

(1)ダスト捕集部

ろ紙は、専用のケースあるいは密閉可能な容器に入れて前処理室に搬送する。

(2)ドレン部（吸収瓶の捕集水および採取管等の洗浄水）

採取管等の洗浄を行い、洗浄水はポリ瓶等の容器に入れ密封する。吸収瓶の捕集水は吸収瓶をシールした状態で搬送するか、ポリビン等に移し変え密封して前処理室に搬送する。

4-2-5.分析試料の調製

(1)ダスト捕集部

① 円筒ろ紙の場合

ダストを採取した円筒ろ紙は、清浄なはさみ等を使用して、5mm 角程度に切断する。

切断調製したろ紙の容量（体積）が、ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー分析に供する測定容器（例えば、U-8）の容量よりも小さく、採取したろ紙のみでは、測定に必要な容量が不足する場合は、未使用の円筒ろ紙を同様に必要量切断し、採取したろ紙と未使用ろ紙を十分に混合・均一化し、測定容器に詰めたものを供試料とする。図 4-2-4 にその概念図を示す。

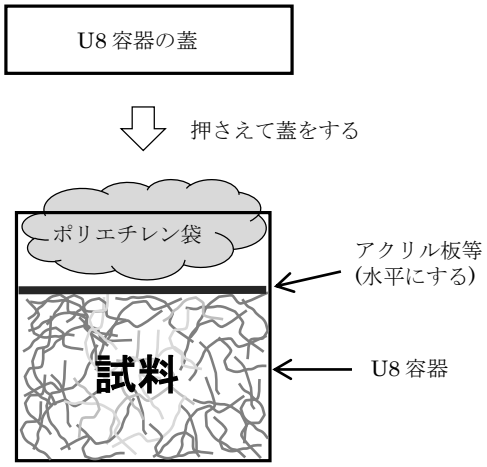


図 4-2-4 ろ紙の容器詰概念図

なお、高さ補正のある容器の場合は、必要な高さ（容量）まで充填すればよい。

また、測定容器外面は、清浄に保ち、試料等の付着がないことを確認して清浄なチャック付ビニール袋等に封入して測定に供するなど、ゲルマニウム半導体検出器を汚染させないように充分留意(注 5)する。

② 円形ろ紙の場合

42φの円形ろ紙の場合、チャック付ビニール袋に入れ、そのまま測定に供する。

なお、円形ろ紙の使用枚数が複数になった場合は、重ねてチャック付ビニール袋に入れ測定に供する。ただし、特殊なサイズのろ紙を使用した場合またはろ紙用の線源で効率校正をしていない場合は、①の円筒ろ紙と同様の試料調製を行う。

(2)採取管・ろ紙捕集器・吸収瓶

① 採取管およびろ紙捕集器付着物

採取管およびろ紙捕集器の付着物は、ろ紙の前流に付着したダストは、原則、ろ紙に合わせて分析試料に供すが、ダストを適切に剥離できない場合は、付着ダストを洗い込み、洗浄液としてドレン部に合わせて分析する。

② ドレン部（吸収瓶の捕集水および採取管等の洗浄水）

捕集水と洗浄水は合わせて混合し供試料（ドレン部）とする。ドレン部の液は、ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー分析に供する測定容器（2L マリネリ容器）に入れる。捕集液量が、2L に足りない場合は放射能を含まない純水（蒸留水、精製水など）を加えて 2L とする。

なお、2L マリネリ容器が使えない場合は、後述の検出下限濃度を担保できれば容量の小さい測定容器（例えば、U-8 など）に入れたものを分析試料としてもよい。その場合は、ドレン部（吸収瓶の捕集水および採取管等の洗浄水）の液合量を計量し、計量した放射能から放射能濃度を計算で求めること。

（注 5）：試料の受入や調製は、ゲルマニウム半導体検出器を試料等で汚染させないため、機器測定室と隔離された前処理室で行う。

4-2-6.評価すべき濃度

測定結果の評価は、表 4-2-1 に示す空気中の濃度限度と比較し評価する。

排ガスの濃度限度は、3 ヶ月の平均濃度について以下の式により算出した値（セシウム 134 とセシウム 137 の場合、各濃度限度に対する割合の和）が 1 を超えないようにすることである。

濃度限度を上回った場合にあっては、以下の①～③の推定値および測定値と濃度限度を比較することにより、周辺環境への影響を判断する。

① 排ガスの挙動の解析により推計された最大着地濃度地点での濃度

② ①で推定される最大着地濃度地点で測定された空気中の放射性物質の濃度

③ 施設周辺の敷地境界の四方で測定された空気中の放射性物質の濃度

$$\frac{\text{セシウム134の濃度（Bq/m}^3\text{）}}{20\text{（Bq/m}^3\text{）}} + \frac{\text{セシウム137の濃度（Bq/m}^3\text{）}}{30\text{（Bq/m}^3\text{）}} \leqq 1$$

表4-2-１　空気中の濃度限度

放射性物質の種類	空気中の濃度限度　Bq/m^3
セシウム 134	20
セシウム 137	30

備考1：空気中の濃度限度は、平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成23年12月14日　環境省令第33号）に規定される値。

備考2：濃度限度は、３ヶ月間の平均濃度について、上記の式により算出した値（セシウム134とセシウム137の場合、各濃度限度に対する割合の和）が1を超えないようにすることである。濃度限度に対する割合およびろ紙部とドレン部の合計の計算において、分析結果が検出下限値未満であった場合は、検出下限値を用いて計算する。

備考3：3ヶ月の平均濃度の考え方は、以下のとおりとする。

1）1ヶ月に1回以上測定を行う。セシウム134、セシウム137の測定値を、それぞれ、20、30で除し、和を求めることで、1に対する割合を求める(有効数字2桁)。

2）1ヶ月に2回以上測定を行った場合は、1)で求めた割合の平均値をとり(有効数字2桁)、その月の測定値とする。

3）2)の計算結果について、連続3ヶ月の平均値をとり、濃度限度である「三月間の平均濃度」とする(有効数字2桁)。

4）例えば1～4月まで測定した場合、1～3月の平均、2～4月の平均、それぞれが連続3ヶ月の平均値とする。

4-2-7.分析条件および検出下限値

分析は、ろ紙部、ドレン部の２検体とする。

ゲルマニウム半導体検出器による核種分析の条件を表 4-2-2 に示す。

表 4-2-2　分析条件および検出下限値

測定試料		前処理	試料容器	測定時間（参考）	検出下限値	その他
排ガス	ろ紙部	なし または 切断	なし（ろ紙直接測定） または U-8 容器等	1,000～2,000 秒	2 Bq/ m^3	円筒ろ紙の場合、１本では試料量が足りないため、ブランクろ紙も切断し、採取ろ紙と混ぜ混合して容器に入れる。円形ろ紙が複数枚ある場合は、ろ紙を重ねて分析する。
	ドレン部	なし	マリネリ（2Ｌ）	1,000～2,000 秒	2 Bq/ m^3	ドレン全量を用い、２Ｌに足りない場合は、純水を用いて２Ｌとする。

備考１：表中の検出下限値は目標値であり、これを超えてしまう場合は分析条件を変更し再度行うこと。ただし、表中の検出下限値以上で検出値が得られる場合は、この検出下限値を適用しないものとする。

備考２：分析結果は、検出下限値以上であればそのまま報告し、検出下限値未満であれば不検出として報告する。

備考３：体積の単位は標準状態（0℃、101.3kPa）乾きガスとする。

備考４：ゲルマニウム半導体検出器の分析条件において、試料の高さ補正ができる場合には、ブランクろ紙を加えずに高さ補正を行って分析することもできる。

備考５：分析結果は、JIS Z 8401「数値の丸め方」規則Bに従い、有効数字２桁に丸める。また、最小表示桁は検出下限値の桁までとする。

備考６：検出下限値はセシウム 134 および 137 のそれぞれを示す。

【参考文献】

・ 廃棄物関係ガイドライン（第 2 版）、放射能濃度測定方法ガイドライン（第 5 部）、第 3 章排ガス、平成 25 年 3 月、環境省

・ 処分に伴い生じた排ガスを排出する場合における排ガス中の事故由来放射性物質の濃度の測定方法（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 111 号）

・ JIS Z 8808-2013：排ガス中のダスト濃度の測定

・ JIS K 0311-2008：排ガス中のダイオキシン類の測定方法

・ 清掃工場排ガス（煙突）放射能測定方法、平成 23 年 7 月 4 日、東京都二十三区一部事務組合、施設管理部技術課環境対策係

・ 試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき、線量限度等を定める告示（昭和 63 年 7 月 26 日科学技術庁告示第 20 号）

・ 発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針、平成 13 年 3 月 29 日改定、原子力安全委員会

4-3.粉じん（破砕施設）

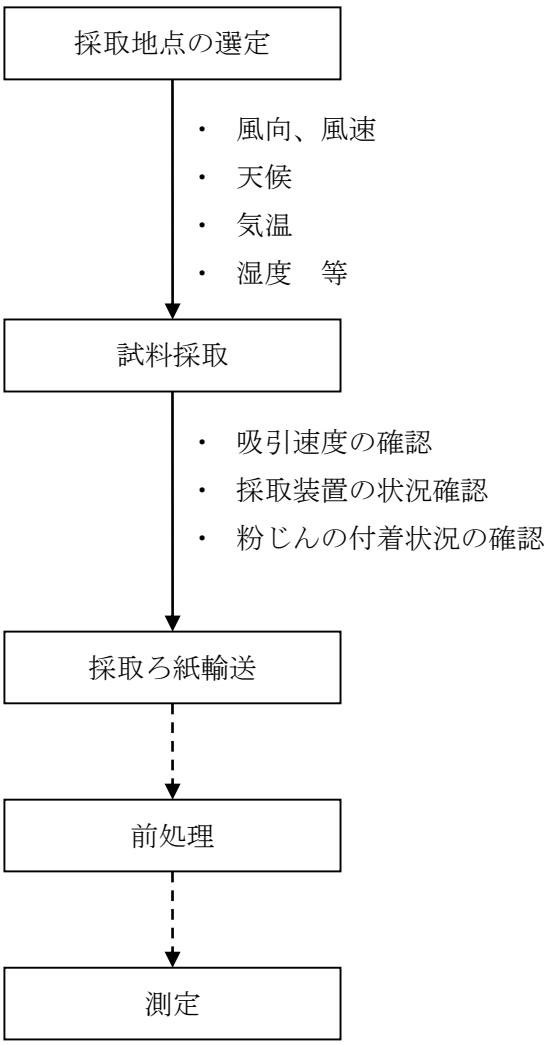
4-3-1.測定の概要

粉じん測定は、放射能を含む廃棄物（災害廃棄物、アスファルト、コンクリート等）を破砕する施設において実施する。

破砕施設は大気開放型と密閉型に分類され、大気開放型の場合は敷地境界による測定を行い、密閉型の場合は排ガスと同様に排気口にて測定を行う。

開放型の破砕施設における試料採取方法の概要を図 4-3-1 に示す。

なお、密閉型の破砕施設における試料採取は排ガスと同様に行うため、4.2 排ガスを参照する。



- 施設の代表となる地点において風向、風速を測定する。
- その結果から、施設をはさんで主風向の風上・風下の２地点を選定する。
- 採取地点は施設から遮る障害物の少ない地点を選定することを原則とし、敷地の形状、敷地内の施設の位置等を考慮して、施設から一般環境への負荷の状況を把握するのに適した地点を選定する。
- ハイボリウムエアサンプラーの採取口は施設に方向に向ける。
- 試料採取は施設の稼動中に行う。
- 採取中に吸引速度、採取装置の状況を確認する。なお、試料ガス採取量は 15m³ 程度とする。
- 粉じん量が多い場合は、適宜ろ紙を交換する。
- 試料ガス採取終了後、ろ紙を専用のろ紙ケースに入れて密封し、前処理室に搬送する。
- ろ紙はチャック付ビニール袋に入れて、そのまま測定する。または必要に応じて、試料調製を行い、測定用に U8 容器等に試料を充填したものを機器測定室に持ち込み分析する。

図 4-3-1　試料採取方法の概要

4-3-2.試料採取

(1)開放型の破砕施設

試料採取地点は、破砕施設の風上側敷地境界および風下側敷地境界の 2 地点とする。

風向は簡易風向風速計（参考写真 4-3-1）により粉じん採取前に測定する。

試料採取はハイボリウムエアサンプラー（参考写真 4-3-2）を使用し、毎分 500Ｌで 30 分吸引する。粉じん量が多い場合は、途中でろ紙交換を行う。ろ紙の材質に規定はないが、ガラス繊維ろ紙または石英繊維ろ紙を推奨する。

試料ガス採取終了後、ろ紙は専用のケースに収納し分析室に輸送する。

参考写真4-3-1　風向風速計

参考写真4-3-2　ハイボリウムエアサンプラー

(2)密閉型の破砕施設

試料採取は排ガスと同様に行う。

なお、排気ガスの温度やガス組成から、ドレンの発生がないと判断される場合は、ガス吸収瓶を設置しなくてもよい。

4-3-3.分析試料の調整

(1)粉じん捕集部

①円形ろ紙の場合

放射能標準ガンマ面線源を用いた効率校正が可能である場合は、開放型で採取した 110φ の円形ろ紙、または密閉型で採取した 42φ 等の円形ろ紙の場合、チャック付き袋に入れ、そのまま測定に供する。不可能な場合は、②円筒ろ紙の場合と同様に測定を行う。

②円筒ろ紙の場合

粉じんを採取した円筒ろ紙を清浄したはさみ等を使用して、5㎜ 角程度に切断する。

ゲルマニウム半導体検出による分析に使用する分析容器（U-8）の容量が約 90mL であることから、採取したろ紙のみでは容量が足りないため、未使用の円筒ろ紙も同様に数本切断する。

切断した円筒ろ紙は十分に混ぜて均一化し、分析容器(U-8)に詰めたものを分析試料とする。

ゲルマニウム半導体検出器の分析条件において、試料の高さ補正ができる場合には、ブランクろ紙を加えずに高さ補正を行って分析することもできる。

分析容器外面は試料が付着しないように十分拭き取りを行い、汚染されていないポリエチレン製袋等で包むなど、検出器を汚染させないようにする。

(2)捕集水およびプローブ等の洗浄水

洗浄液を含む捕集水は、ゲルマニウム半導体検出による分析に使用する分析容器（2L マリネリ容器）に入れる。2L に足りない場合は放射能を含まない水を加えて 2L とする。

なお、マリネリ容器を使えない場合は、後述の検出下限濃度を担保できれば分析容器(U-8)に入れたものを分析試料としてもよい。その際は捕集水およびプローブ等の洗浄水全量を計量し、計量した放射能から全量の放射能濃度を計算で求めること。

4-3-4.評価すべき濃度

測定結果は、排ガスを出す場合に適用される空気中の濃度限度と比較し評価する。空気中の濃度限度を表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1　空気中の濃度限度

放射性物質の種類	空気中の濃度限度　Bq/m³
セシウム 134	20
セシウム 137	30

備考1：空気中の濃度限度は、平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成23年12月14日　環境省令第33号）に規定される値。

備考2：粉じんの濃度限度は、3ヶ月間の平均濃度について、以下の式により算出した値（セシウム134とセシウム137の場合、各濃度限度に対する割合の和）が 1 を越えないようにすることである。濃度限度に対する割合およびろ紙部とドレン部の合計の計算において、分析結果が検出下限値未満であった場合は、検出下限値を用いて計算する。

$$\frac{\text{セシウム134の濃度（Bq/m}^3\text{）}}{20\text{（Bq/m}^3\text{）}} + \frac{\text{セシウム137の濃度（Bq/m}^3\text{）}}{30\text{（Bq/m}^3\text{）}} \leqq 1$$

4-3-5.分析条件および検出下限値

原則として評価可能な濃度の 10 分の 1 を検出下限濃度となるよう採取量、測定機器の条件を設定すること。本マニュアルで可能な検出下限濃度を表 4-3-2 に示す。

表 4-3-2　分析条件および検出下限値

測定試料	前処理	試料容器	測定時間（参考）	検出下限値	備考
ろ紙部（開放型の破砕施設）	なし	なし（ろ紙直接測定）	1000～2000 秒	2 Bq/m³	ろ紙が複数枚ある場合は、ろ紙を重ねて分析する。
ろ紙部（密閉型の破砕施設）	なし	なし（ろ紙直接測定）または U-8 容器	1000～2000 秒	2 Bq/m³	円筒ろ紙の場合、1 本では試料量が足りないため、ブランクろ紙も切断し、採取ろ紙と混ぜ混合して容器に入れる。円形ろ紙が複数枚ある場合は、ろ紙を重ねて分析する。
ドレン部	なし	マリネリ（2L）	1000～2000 秒	2 Bq/m³	ドレン全量を用い、2L に足りない場合は、純水を用いて 2L とする。

備考１：表中の検出下限値は目標値であり、これを超えてしまう場合は分析条件を変更し再度行うこと。ただし、表中の検出下限値以上で検出値が得られる場合は、この検出下限値を適用しないものとする。

備考２：分析結果は、検出下限値以上であればそのまま報告し、検出下限値未満であれば不検出として報告する。

備考３：体積の単位は開放型の場合は20℃、101.3kPa、湿りガス（出典：有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成23年３月改訂））、密閉型の場合は標準状態（0℃、101.3kPa、乾きガス）とする。

備考４：ゲルマニウム半導体検出器の分析条件において、試料の高さ補正ができる場合には、ブランクろ紙を加えずに高さ補正を行って分析することもできる。

備考５：分析結果は、JIS Z 8401「数値の丸め方」規則Bに従い、有効数字２桁に丸める。また、最小表示桁は検出下限値の桁までとする。

備考６：検出下限値はセシウム134および137のそれぞれを示す。

4-3-6.自主管理のための参考法

ハイボリウムサンプラで採取したろ紙を GM 計数管式サーベイメータにより測定し、Bq/cm² を求め、ろ紙の有効面積と試料ガス採取量から放射能濃度を計算することができる。

【参考文献】

・ JIS Z 8808-2013：排ガス中のダスト濃度の測定
・ JIS K 0311-2008：排ガス中のダイオキシン類の測定方法
・ 作業環境測定基準（昭和 51 年 4 月 22 日　労働省告示第 46 号）
・ 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、平成４年、文部科学省
・ 放射能濃度等測定方法ガイドライン(第 2 版)、平成 25 年 3 月、環境省
・ 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成 23 年 12 月 14 日　環境省令第 33 号）
・ 大気中放射性物質のモニタリングに関する技術参考資料、平成 15 年、文部科学省）

4-4.排水、公共用水域の水

4-4-1.測定の概要

事故由来の放射性物質に汚染された廃棄物の処理施設（焼却施設、溶融施設、熱分解施設または焼成施設）からの排水および最終処分場の放流水の放射能濃度の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「特定一般廃棄物処理施設維持管理基準」（施行規則第 33 条第 1 項第 1 号ロ）、「特定産業廃棄物処理施設維持管理基準」（施行規則 35 条第 1 項第 1 号イ）、「特定廃棄物処分基準」（施行規則第 25 条第 1 項第 6 号イ、ロ）、「特定一般廃棄物埋立基準」（施行規則第 33 条第 1 項第 2 号ニ、ホ）、「特定産業廃棄物埋立基準」（施行規則第 35 条第 1 項第 3 号イ）および「特定産業廃棄物埋立基準」（施行規則第 26 条第 2 項第 4 号ロ、ハ）に対応している。

排水口等で採取した試料を特定の容器に入れ、ゲルマニウム半導体検出器を用いてセシウム 134 およびセシウム 137 が発するγ線を測定する。

4-4-2.試料の採取

(1)採取方法

ひしゃく、バケツ等の採取器具を使用し、採取量は 2L 以上とする。

試料容器（ポリビン）は採取する水で 3 回共洗いを行う。

試料の採取においては、底泥の巻き上げに注意する。

(2)採取位置

①排水

排水については、通常は排水口において採取する。また、排水の確認タンクが有る場合は、確認タンクより採取する。

②公共用水域の水

公共の水域における試料採取は、表 4-4-2 の濃度限度を上回った場合に実施する。

採取場所は、取水口または合流する支流もしくは他の施設からの排水口より上流であり、かつ公共の水域に合流した排水中の放射性物質の濃度を安定的に測定(注 1) できる排水口に最も近い地点とする。

公共の水域にあたる暗渠等へ放流する場合にあって排水口近辺で採水が不可能な場合は、排水中の放射性物質の濃度を安定的に測定できる排水口に最も近い地点（河川や開渠等との合流地点）で測定することとする。ただし、合流地点より排水口に近い地点に試料採取可能なマンホール等が設置されている場合にあっては、当該地点で試料を採取する。

（注 1）：安定的に測定できる採水地点とは、ほぼ同時に 2～3 回測定しても数値のばらつきがない地点のことを示す。

(3)試料の取扱い

試料の運搬は、クーラーボックス等で行う。冷却が必要な場合は冷却を行う。

4-4-3.測定および検出下限値

(1)分析試料の調整

試料を十分に混ぜて浮遊物を十分均一化し(注2)、ゲルマニウム半導体検出器による分析に使用する分析容器（U-8）に入れたものを分析試料とする。

放射能濃度が低い試料を評価する場合は、2L マリネリ容器に入れたものを分析試料とする。

（注 2）：沈殿する浮遊物質が多い場合、沈降すると試料が不均一になり、測定値に影響する。測定目的によっては、試料はろ過し、水相と固体部分に分離して測定することも検討する。測定方法としては、分析に供する容積の試料をガラス繊維ろ紙などでろ過し、水相部分はろ過前の容積を分析に供したものとして濃度（Bq/L）を計算する。マリネリ容器など規定の容積が必要な場合で容積が減少している場合は当初の容積まで純水を加え調整する。ろ紙上の固体部分は、均一に粉砕し、単位を当初の容積（L）を分析に供したものとして放射能分析を行う。両者の測定結果を合計して最終的な分析値とする。

(2)測定および検出下限値

試料容器と測定時間、検出下限値の関係を表 4-4-1 に示す。

放射能濃度の分析は、「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（平成４年　文部科学省）」に準拠して行う。

表 4-4-1　分析条件

測定試料	前処理	試料容器	測定時間	検出下限値
排水	なし	U-８容器	1,000～2,000 秒	10～20Bq/L
公共の水域	なし	2L マリネリ容器	1,000～2,000 秒	1～2Bq/L

備考１：表中の検出下限値は目標範囲であり、これを超えてしまう場合は分析条件を変更し再度行うこと。ただし、表中の検出下限値以上で検出値が得られる場合は、この検出下限値を適用しないものとする。

備考２：分析結果は、検出下限値以上であればそのまま報告し、検出下限値未満であれば不検出として報告する。

備考３：試料容器において、排水中の微量の放射性物質濃度を確認する場合は、2L マリネリ容器による分析も可能である。

備考４：分析結果は、JIS Z 8401「数値の丸め方」規則 B に従い、有効数字２桁に丸める。また、最小表示桁は検出下限値の桁までとする。

備考５：検出下限値は、セシウム 134 および 137 のそれぞれを示す。

4-4-4.測定結果の評価

測定結果の評価は、表 4-4-2 に示す「特定廃棄物処分基準」(注3) に従い評価する。

排水の濃度限度は、3 ヶ月の平均濃度について、以下の式により算出した値（セシウム 134 とセシウム 137 の場合、各濃度限度に対する割合の和）が 1 を超えないようにすることである。

排水の濃度限度に対する割合の合計が 1 を超える場合は、公共の水域について測定することにより、排水口からの周辺環境への影響を判断する。

$$\frac{\text{セシウム134の濃度（Bq/L）}}{60\text{（Bq/L）}} + \frac{\text{セシウム137の濃度（Bq/L）}}{90\text{（Bq/L）}} \leqq 1$$

表 4-4-2　公共の水域の濃度限度

放射性物質の種類	公共の水域の濃度限度（Bq/L）
セシウム 134	60
セシウム 137	90

備考１：3 ヶ月の平均濃度の考え方は以下のとおりとする。

1）1 ヶ月に 1 回以上測定を行う。セシウム 134、137 の測定値を、それぞれ 60、90 で除し、和を求めることで、1 に対する割合を求める（有効数字 2 桁）。分析結果が検出下限未満であった場合は、検出下限値を用いて計算する。

2）１ヶ月に２回以上測定を行った場合は、1）で求めた割合の平均値を取り（有効数字 2 桁）、その月の測定値とする。

3）2）の計算結果について、連続 3 ヶ月の平均値を取り、濃度限度である「三月間の平均濃度」とする（有効数字 2 桁）。

4）例えば 1～4 月まで測定した場合、1，2，3 月の平均、2，3，4 月の平均、それぞれが連続 3 ヶ月の平均値とする。

（注 3）：平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則　第 25 条（特定廃棄物処分基準）6 処分に伴い生じた排水を放流する場合

【参考文献】

・ 処分に伴い生じた排水を放流する場合における放流水中の事故由来放射性物質の濃度測定方法（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 112 号）

・ 特定廃棄物の埋立処分に係る水質検査の方法（平成 24 年 8 月 28 日環境省告示第 130 号）第一条

・ JISK0102-2013：工場排水試験方法

・ JISK0094-1994：工業用水・工場排水の試料採取方法

4-5.周縁地下水

4-5-1.測定の概要

事故由来の放射性物質に汚染された廃棄物を処分する最終処分場(特定一般廃棄物、特定産業廃棄物、特定廃棄物および基準適合特定廃棄物)および特定廃棄物の保管場所の周縁地下水の放射能濃度の測定方法について、以下に示す。なお、本試験方法は、放射性物質汚染対処特措法での「特定一般廃棄物埋立基準」(施行規則第 33 条第 1 項第 2 号ロ)、「特定産業廃棄物埋立基準」(施行規則 35 条第 1 項第 2 号)、「特定廃棄物埋立基準」(施行規則第 26 条第 1 項第 3 号イ、ハ)および「基準適合特定廃棄物の埋立基準」(施行規則第 26 条第 4 項第 2 号に対応している。

試料を観測井や既存の井戸より、採取器具や揚水ポンプを用いて採取し、特定の容器に入れ、ゲルマニウム半導体検出器を用いてセシウム 134 およびセシウム 137 が発するγ線を測定する。

4-5-2.試料採取

(1)採取方法

採取器具はベーラーや揚水ポンプ等を使用する。

試料容器（ポリビン等）は採取する水で 3 回共洗いを行う。

採取量は 2L 以上とする。

地下水試料の採取では、事前に孔内の水をくみ出し、新鮮な水を孔内に呼び込み、水位が回復した時点で採水を行う。

(2)採取位置

試料の採取は、地下水の流向が分かっている場合、および流向を推定できる場合は保管場所等の下流側の観測井や井戸とし、流向が不明な場合は、保管場所等に最も近い観測井や井戸とする。地下水の流向は、地形（地表面勾配や近くの河川との位置関係）等から推定できる場合もある。推定も困難な場合は周囲を囲める位置にある 3 点以上の井戸で採取することが望ましい。観測井や井戸が近い場合であっても、上流側の地下水を測定することを避ける必要がある。

最終処分場については、上流側および下流側の観測井で測定する。

4-5-3.測定および検出下限値

(1)分析試料の調整

試料を十分に混ぜて浮遊物を十分均一化し(注 1)、ゲルマニウム半導体検出器による分析に使用する分析容器（マリネリ容器）に入れたものを分析試料とする。

(注 1)：沈殿する浮遊物質が多い場合、沈降すると試料が不均一になり、測定値に影響する。測定目的によっては、試料はろ過し、水相と固体部分に分離して測定することも検討する。測定方法としては、分析に供する容積の試料をガラス繊維ろ紙などでろ過し、水相部分はろ過前の容積を分析に供したものとして濃度（Bq/L）を計算する。マリネリ容器など規定の容積が必要な場合で容積が減少している場合は当初の容積まで純水を加え調整する。ろ紙上の固体部分は、均一に粉砕し、単位を当初の容積（L）を分析に供したものとして放射能分析を行う。両者の測定結果を合計して最終的な分析値とする。

(2)測定および検出下限値

試料容器と測定時間、検出下限値の関係を表 4-5-1 に示す。

放射能濃度の分析は、「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(平成４年　文部科学省)」に準拠して行う

表 4-5-1　分析条件

測定試料	前処理	試料容器	測定時間	検出下限値
周縁地下水	なし	マリネリ（２L）	1,000～2,000 秒	1～2Bq/L

備考１：表中の検出下限値は目標範囲であり、これを超えてしまう場合は分析条件を変更し再度行うこと。ただし、表中の検出下限値以上で検出値が得られる場合は、この検出下限値を適用しないものとする。

備考２：分析結果は、検出下限値以上であればそのまま報告し、検出下限値未満であれば不検出として報告する。

備考３：分析結果は、JIS Z 8401「数値の丸め方」規則 B に従い、有効数字２桁に丸める。また、最小表示桁は検出下限値の桁までとする。

備考４：検出下限値は、セシウム 134 および 137 のそれぞれを示す。

4-5-4.測定結果の評価

周辺地下水の測定により放射性セシウムの値が異常でないこと（検出下限値以下であること等）を確認する。

【参考文献】

・ 平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則第 26 条第 1 項第 3 号イの規定による地下水の水質検査に係る事故由来放射性物質の濃度の測定方法（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 113 号）

・ 平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則第 26 条第 4 項第 2 号イの規定による地下水の水質検査に係る事故由来放射性物質の濃度の測定方法（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 115 号）

4-6.廃棄物(灰、汚泥、廃稲わら、廃堆肥等)

4-6-1.測定の概要

廃棄物の測定は、事故由来放射性物質による汚染の状況調査（放射性物質廃棄物汚染対処特措法第 16 条および同法 18 条）を目的として実施する。調査の対象とする廃棄物は、事故由来放射性物質による汚染状態がおおむね同一であると推定される単位(調査単位)に区分し、調査単位ごとに測定を実施する。各調査単位の調査では、10 以上の試料(水道施設、公共下水道・流域下水道、工業用水道施設、一般廃棄物焼却施設・産業廃棄物焼却施設および集落排水施設から排出される汚泥、ばいじんおよび焼却灰等である場合にあっては、4 以上の試料)を採取後、おおむね同じ重量で混合したものを採取試料とする。混合した試料について、ゲルマニウム半導体検出器、NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータまたは $LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータを用いて測定する。

4-6-2.試料採取

(1)水道施設、公共下水道、流域下水道、工業用水道施設、一般廃棄物焼却施設、産業廃棄物焼却施設および集落排水施設から排出される汚泥、ばいじんおよび焼却灰等

試料採取は目的や現場および試料の状態から代表性に配慮して行う。

試料採取の例を以下に示す。

- 試料の採取は、インクリメントスコップ（図 4-6-1）等を使用する。
- 堆積された試料の場合は、代表性を確保できるように離れた 4 箇所以上(注 1)から採取する。図 4-6-2 に堆積された試料の採取箇所の例を示す。
- 試料がコンベア上を流れている場合に、1 ロットの移動中に一定時間間隔で 4 回以上(注 1)採取する。
- 1 箇所あたりの試料採取量は JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」に準拠し、粉状、塊状の試料の場合は、最大粒度によって下表に規定する体積以上を目安とする。汚泥は、100 mL 以上の容器などで採取したものを 1 試料の目安とする。
- 採取した 4 以上の試料は全部を 1 つの容器（チャック付きのビニール袋でよい）に入れ、よく混合し、必要に応じて縮分を行う。
- 最終的な試料量の目安は 500 g ～1kg 程度とする。

（注 1）：JIS K 0060 では、「廃棄物が生成または処理される工程が十分に管理されている場合には、3～5 インクリメントを採取すればよい。」とされている。

表4-6-1　最大粒度とインクリメント試料の大きさ（平均体積）

最大粒度（㎜）	1	5	10	16	22.4	31.5	40	50	71	100	125	150
インクリメントの平均体積（mL）	約16	約70	約120	約180	約270	約380	約730	約1,600	約3,700	約11,000	約21,000	約35,000

参考：最大粒度 40 mm のロットは、ふるい目の大きさ 40 mm でふるい分けたとき、ふるい上に残る量が約 5%のロットのことで、例えば、インクリメントの大きさを平均約 730 mL とすればよい。

（出典　JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」）

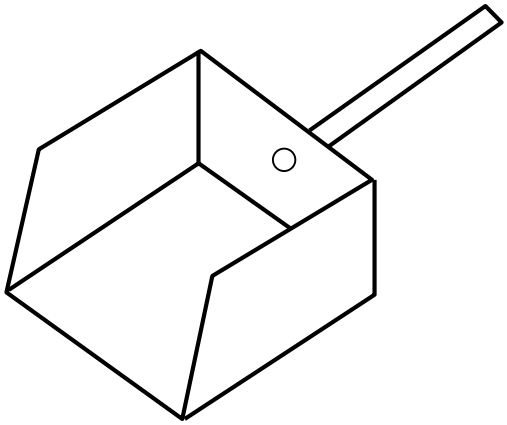
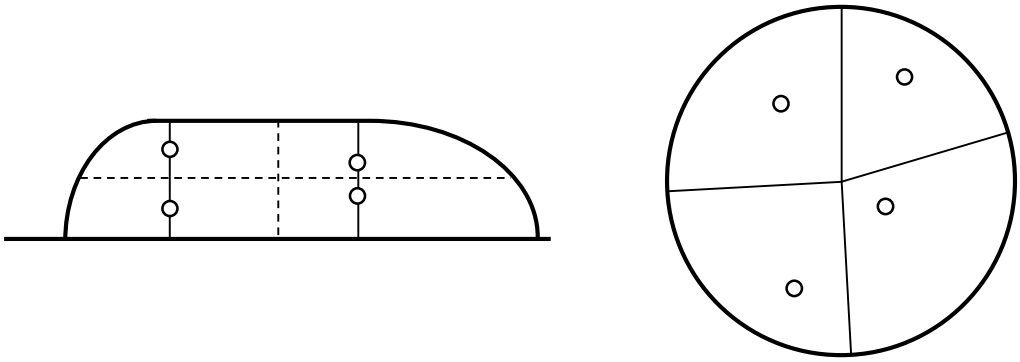


図 4-6-1　インクリメントスコップ



○印はインクリメント採取箇所

図4-6-2　堆積された試料の採取箇所の例

(2)その他の廃棄物(廃稲わら、廃堆肥、建設廃棄物等)

試料性状が不均一な試料を対象としているため、サンプルの代表性には特に注意して、試料採取を行う。特に採取のインクリメント数(10 箇所以上)および採取に用いるインクリメントスコップの大きさなどに留意する。

試料採取の例を以下に示す。

- 調査の対象とする廃棄物を、事故由来放射性物質による汚染状態がおおむね同一であると推定される単位に区分する。
- 試料の採取は、インクリメントスコップ（図 4-6-1）等を使用する。
- 堆積された試料の場合は、代表性を確保できるように離れた 10 箇所以上から採取する。図 4-6-2 に堆積された試料の採取箇所の例を示す。
- １箇所あたりの試料採取量は JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」に準拠し、粉状、塊状の試料の場合は、最大粒度によって表 4-6-1 に規定する体積以上を目安とする。
- 採取した試料を必要に応じて粉砕・裁断等したうえで、おおむね同じ重量ずつを 1 つの容器に入れ、よく混合する。
- 最終的な試料量の目安は 500ｇ～1kg 程度とする。

4-6-3.分析試料の調製

測定試料を適宜破砕・裁断処理を行い、十分に混ぜて均一化する。放射能測定容器（U-8 容器・マリネリ容器）に試料を詰める。

他の試料が混入するおそれのないところで試料を詰める。容器に 1/5 程度ずつ試料を入れ、押し棒などで空隙を埋めつつ充填する。押し棒を使いまわす場合はポリエチレンシートなどで保護し、シートは試料毎に交換する。砂質や粒径が大きい場合は押しても空隙ができるので振動を加えながら押し棒で押す。最終的に上面をなるべく平らにならし(平面として 0.5㎜ 程度の精度を出すことが望ましい)、容器底から上面までの高さを測定する。容器のねじ口部分などの試料を刷毛などで落とす。蓋をして 0.1g の精度まで重量を測定する。詰め終わった容器は外側をペーパータオルなどでふき、ポリエチレン製の袋に入れる。

試料を十分に混ぜて均一化し、ゲルマニウム半導体検出器による分析に使用する分析容器に詰めたものを分析試料とする。

4-6-4.評価すべき濃度

評価すべき濃度を表 4-6-2 に示す。

表4-6-2　評価すべき濃度

放射性物質の種類	濃度　Bq/kg
セシウム 134	8000
セシウム 137	

備考 1：セシウム 134 および 137 に関する濃度限度は、平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成 23 年 12 月 14 日　環境省令第 33 号）

4-6-5.測定および検出下限値

放射能濃度の測定は、ゲルマニウム半導体検出器、NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ、または、$LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータを用いて実施する。

ゲルマニウム半導体検出器での測定は、「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」(平成 4 年改訂文部科学省)に準拠して行う。

NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータおよび $LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータによる測定は、「放射能測定法シリーズ 6　NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法」(昭和 49 年文部科学省)に準拠して行う。検出器として NaI(Tl)シンチレーション検出器よりも分解能が優れている $LaBr_3$(Ce)シンチレーション検出器を使用しているスペクトロメータによる測定も本分析法に含むものとする。

放射能濃度分析のほかに含水率の測定も行う。

ゲルマニウム半導体検出器(NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータまたは $LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータでの測定も可能）による核種分析の条件を表 4-6-3 に示す。

表 4-6-3　分析条件

測定試料	前処理	試料容器	測定時間(参考)	検出下限値	備考
燃え殻、ばいじん、排水汚泥、溶融スラグ、溶融飛灰	なしまたは粉砕	U-8 容器	1000～2000 秒	10～30 Bq/kg	検出下限値は試料密度による変動する。また、放射能を含む試料はコンプトン散乱の影響により検出下限値は高くなる。

備考１：表中の検出下限値は目標範囲であり、これを超えてしまう場合は分析条件を変更し再度行うこと。ただし、表中の検出下限値以上で検出値が得られる場合は、この検出下限値を適用しないものとする。

備考２：分析結果は、検出下限値以上であればそのまま報告し、検出下限値未満であれば不検出として報告する。

備考３：試料容器において、マリネリ（2L）容器のよる分析も可能である。

備考４：分析結果は水分を含んだ状態での濃度とする。

備考５：分析結果は、JIS Z 8401「数値の丸め方」規則Bに従い、有効数字2桁に丸める。また、最小表示桁は検出下限値の桁までとする。

備考６：検出下限値はセシウム134および137のそれぞれを示す。

【日常管理のための簡易的な測定】

指定基準を満たすかどうかを測定前に判断する日常的な管理の手法として、測定対象物は量や性状等が同じある場合、サーベイメータを用いて表面線量率を測定することにより簡易的に推測することができる。この場合、放射線濃度と表面線量率の結果を蓄積し、推測するための係数を事前に求めておく必要がある。また、事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(平成 25 年 4 月基発 0412 第 2 号)の別表 1 および別表 1-1 にも放射能濃度の簡易測定手順が示されており、日常管理のための簡易的な測定に利用できる。

ただし、簡易的な推測では測定を代替できないことに留意されたい。

【参考文献】

- 廃棄物の事故由来放射性物質についての放射能濃度の測定方法（平成 23 年 12 月 28 日　環境省告示第 107 号）
- 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、平成４年、文部科学省
- 放射能測定法シリーズ 6 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法、昭和４９年、文部科学省
- 放射能濃度等測定方法ガイドライン(第 2 版)、平成 25 年 3 月、環境省
- 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成 23 年 12 月 14 日環境省令第 33 号）
- JIS K 0060-1992：産業廃棄物のサンプリング方法
- 事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(平成 25 年 4 月基発 0412 第 2 号)

4-7.溶出量

4-7-1.測定の概要

事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の放射能の溶出量を測定する方法を示す。溶出量の測定は、放射性物質汚染対処特措法では、以下に示す場面で実施する。

・10 万 Bq/kg 未満の特定廃棄物の埋立時に、土壌層に加えて不透水性土壌層の設置が必要かどうかの判断（施行規則第 26 条第 2 項第 2 号ホ）

・特定一般廃棄物の埋立時に土壌層が必要かどうかの判断(施行規則第 29 条第 1 項第 3 号ニ)

・特定産業廃棄物の埋立時に土壌層が必要かどうかの判断(施行規則第 31 条第 1 項第 3 号ニ)

・基準適合特定廃棄物の埋立時を安定型処分場へできるかどうかの判断基準(公共の水域および地下水の汚染を生じさせるおそれのないものとして環境大臣が定める要件)の一つ。（施行規則第 26 条第 4 項）

放射性物質汚染対処特措法に係る溶出試験では、JIS K 0058-1「スラグ類の化学物質試験第一部溶出量試験」が公定法として用いられている。これは、試料の粉砕等を行わないで実施する有姿かくはんの方法であり、事故発生後、成形固化された灰試料を含む様々な試料を対象に放射性セシウムの溶出特性の評価において、成形固化の効果も含めて溶出性を評価するために採用された。

4-7-2.試料の採取

試験は利用有姿での試験となるため、固化物等はそのままの状態で採取することが望ましいが固化物が容器に入らない場合は適宜最小限に粉砕し、採取する。それ以外の内容は、4-6 廃棄物(灰、汚泥、廃稲わら、廃堆肥等)の章と同様とする。

4-7-3.試料の取扱い

4-6. 廃棄物（灰、汚泥、稲わら、廃堆肥等）と同様とする。

4-7-4.試料の調製

(1)試料の予備調製

粉塊状の試料は、粉砕することなく、その粒径分布に応じて表 4-7-1「最大粒径と最小試料量」に準じて最小試料量以上を調製する。最大粒径が表 4-7-1 の範囲を超える試料については、試料を砕いて表 4-7-1 の範囲に入るようにする。成型体の試料については、5kg 以下の小形の成型体の場合は、成型体そのものを試験に供することとし、それ以外の場合は、品質管理などに用いる供試体を試験に供する。

表 4-7-1 最大粒径(注 1)と最小試料量

最大粒径（mm）	最小試料量（g）
37.5 以上 53.0 未満	3000
31.5 以上 37.5 未満	2000
26.5 以上 31.5 未満	1000
16 以上 26.5 未満	500
9.5 以上 16 未満	200
9.5 未満	100

（注 1）： 試料をふるい分けしたとき，最も大きな試料が残ったふるいの目開きの値。

（出典：JIS K 0058-1　スラグ類の化学物質試験方法-第 1 部：溶出量試験方法）

(2)溶出操作の準備

溶出装置は図 4-7-1 に示すように、タンクにかくはん装置を装着したものとする。

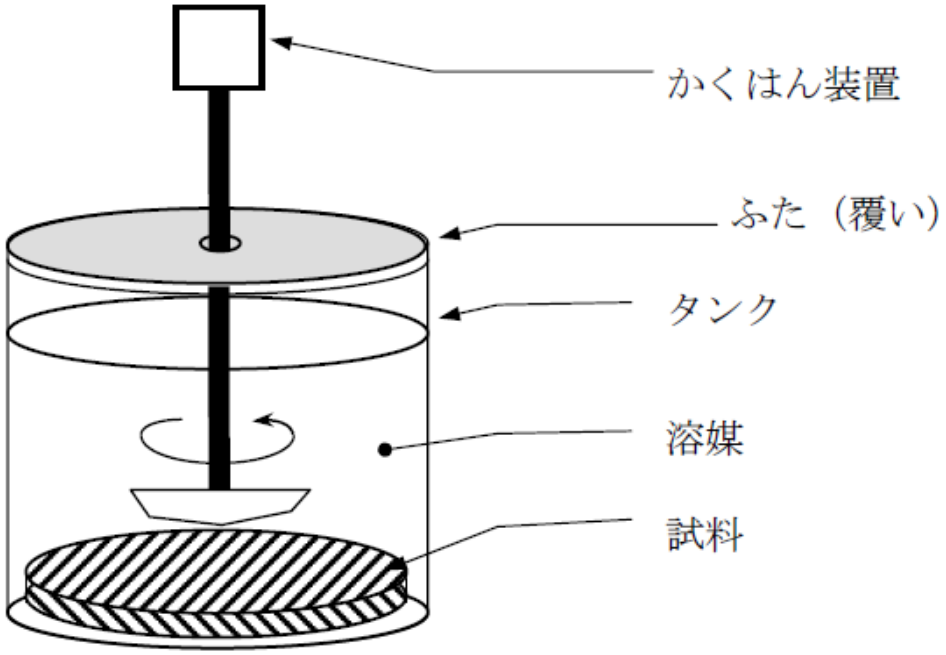


図 4-7-1 溶出量試験装置の概略図

タンクは底部に試料が薄く広がるような底面積をもつポリエチレンなどの樹脂製の円筒形のものを使用する。試料量および溶媒量に応じて，表 4-7-2 に示すタンクの胴径に近いものを使用する。底部付近の側面にコックの付いたものを用いてもよい。なお，タンクにはふたまたは覆いをして異物などの混入がないようにする。

表 4-7-2　試料量，溶媒量および容器の胴径

試料量 g	溶媒量 L	タンクの胴径 mm
3000	30	400
2000	20	350
1000	10	300
500	5	230
200	2	160
100	1	130

（出典：JIS K 0058-1　スラグ類の化学物質試験方法-第 1 部：溶出量試験方法）

かくはん装置は毎分 50~500 回の範囲でかくはん翼を回転させることができるモーターおよびかくはん翼を装着したものとする。かくはん翼は，放射性セシウムの吸着がないポリエチレン、ふっ素樹脂、ステンレス等とし、タンクの胴径とかくはん翼の長さの比が 2~4　となるような長さのものを用いる。ただし並行して重金属類の測定を行う場合は、ふっ素樹脂製のものとする。

(3)溶出液の調製

- 粉塊状の試料は、表 4-9-1 に示す最小試料量以上で分析に必要となる検液が十分得られる量をはかり取り、タンク底面に薄く広げる。成型体の試料は，高さが低く、タンク底面との接触がなるべく小さくなるようにタンク底面に置く。
- 試料質量の 10 倍量の溶媒(pH 5.8~6.3)をタンク内に静かに注ぎ入れる。
- かくはん装置をタンクに取り付け，かくはん翼が試料の上面と水面との中間になるように固定する。
- タンクにふたまたは覆いをしてタンク内に異物などの混入がないようにする。
- タンク内の溶媒を毎分約 200 回転でかくはんする。かくはん中，タンク内に分析対象成分などが混入しないように注意する。
- かくはんを開始して 6 時間後にかくはんを止める。
- 10~30 分静置した後、タンク内の溶媒を抜きとる。
- 抜き取った液を必要に応じて毎分 3000 回転で 20 分間遠心分離し、その上澄み液を孔径 0.45μm，直径 25~90mm のメンブレンフィルタ、またはそれと同等の品質のものフィルタでろ過し、放射能測定の検液とする。

4-7-4.放射能の測定

ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリーによる方法により放射性セシウム 134、放射性セシウム 137 の測定を行う。

ただし、平成 24 年 1 月 13 日環境省告示第 3 号の測定においては、加えて NaI(Tl)シンチレーション

スペクトロメータ、$LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータでも測定できる。

4-7-5.評価すべき濃度

(1)平成24年1月13日環境省告示第3号

雨水その他の水が浸入した場合に溶出する事故由来放射性物質の量が少ない特定廃棄物の要件（平成24年1月13日環境省告示第３号）においては、表4-7-3のとおりとする。

表4-7-3　平成24年1月13日環境省告示第３号で評価すべき濃度

放射性物質の種類	評価すべき濃度　Bq/L
セシウム137	150

(2)その他の溶出量試験

平成24年1月27日環境省告示第6号、平成24年12月25日環境省告示第169号、平成24年12月25日環境省告示第170号における試験は表4-7-4のとおりとする。

表4-7-4 その他の溶出量試験で評価すべき濃度

放射性物質の種類	評価すべき濃度　Bq/L
セシウム134	不検出
セシウム137	不検出

4-7-6.分析条件

後述の検出下限濃度を担保する分析条件として、表4-7-5に一般的なゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリーによる条件を例示する。

表4-7-5 ゲルマニウム半導体検出器測定条件例

測定装置	試料容器	測定時間(秒) (参考)
ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー	U-8容器 (約100mL容)	1000～2000

NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ、$LaBr_3$(Ce)シンチレーションスペクトロメータにおいては、通常400mL～2Lのマリネリ容器を用いることが多いため、ぞれぞれの測定装置において、平成24年1月13日環境省告示第3号の評価すべき値に則り、分析条件を担保するように測定時間を設計すること。

4-7-7.検出下限濃度

本マニュアルにおいては対象成分が不検出である場合で、機器測定における分析条件を前提とし、表

4-7-6 を検出下限濃度として設定する。

表 4-7-6 測定対象核種ごとの検出下限濃度（不検出の場合）

放射性物質の種類	検出下限濃度　Bq/L
セシウム 134	10～20
セシウム 137	10～20

【参考文献】

・ 一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について（昭和 52 年 11 月 4 日環整 95 号）
・ 放射性セシウムを含む汚泥のサンプリング等に係る技術的事項について（平成 23 年 6 月 27 日 23 消安第 1939 号）
・ JIS K 0060-1992：産業廃棄物のサンプリング方法
・ JIS K 0058-1-2005：スラグ類の化学物質試験方法-第 1 部：溶出量試験方法
・ 雨水その他の水が浸入した場合に溶出する事故由来放射性物質の量が少ない特定廃棄物の要件（平成 24 年環境省告示第 3 号）
・ 事故由来放射性物質による公共の水域および地下水の汚染を生じさせる恐れのない廃棄物の要件（平成 24 年環境省告示第 6 号）
・ 肴倉宏史;石森洋行(2013)、廃棄物等からの放射性セシウムと溶出試験、廃棄物資源循環学会誌、Vol24、No.4、pp274-280、2013

4-8.作業環境

4-8-1.測定の概要

電離則で示されている作業環境測定のうち、環境中に放出された放射能に汚染された事故由来廃棄物等を取扱い、保管等を行う施設等における作業環境測定について以下に示す。

なお、事故由来廃棄物等とは、除去土壌(除染等の措置に伴い生じた土壌のうち、放射能濃度が 1 万ベクレル毎キログラムを超えるもの)、汚染廃棄物(事故由来放射性物質により汚染された廃棄物で、放射能濃度が 1 万ベクレル毎キログラムを超えるもの)、その他の事故由来放射性物質に汚染されたもの(処分の過程において濃縮等により、放射性セシウム以外の放射性同位元素の数量および濃度が、電離則第 2 条第 2 項に規定する値を超えるもの)とする。

なお、放射性セシウムはα線を放出しないため、α線に関する記述は割愛した。

(1)作業環境測定を行うべき作業場

- 放射性物質取扱作業室
- 事故由来廃棄物等取扱施設

(2)取扱い対象物質（固体、液体）

- セシウム 134
- セシウム 137

(3)実施頻度

- 1 ヶ月以内ごとに 1 回(定期的)

(4)実施者

- 作業環測定士または作業環境測定機関へ委託

4-8-2 測定方法

作業環境測定基準に従う。また、作業環境測定ガイドブック 2 を参考にする。

(1)試料採取方法

①捕集装置（セシウム 134 およびセシウム 137：ろ過捕集方法）

- ローボリウムまたはハイボリウムエアサンプラー
- 0.3μmの粒子を 95%以上捕集する性能を有するろ紙(例：ADVANTEC　GB-100R)

②採取時間

通常の作業状態において、最も高濃度の空気汚染が発生すると考えられる時間帯において、検出下限が濃度限度の 1/10 以下となるように試料空気量を設定する。

$Q \geqq q /（0.1 \times 濃度限度 \times 捕集効率/100）\times 10^{-6}$

ここで

Q ：必要試料空気量（m^3）

q ：計測器の検出感度（検出下限計数率より定める定量可能な放射性物質の下限値）(Bq)

検出下限計数率＝$3\sqrt{2}\sigma$

σ：バックグラウンド計数率の測定値の標準偏差

③採取箇所

単位作業場所ごとに 1 箇所以上。その広さや目的に応じて設定する。採取点の高さは床上 0.5～1.5 mとするが、長時間にわたり採取する場合は、床上 2.0m以下で、作業に支障のない位置とする。

目的としては以下が考えられる。

- 作業室全体の汚染の有無の確認
- 空気中の放射性物質の濃度分布を確認する
- 作業者が吸入する空気中の放射性物質の濃度を知る

(2)測定方法

- 放射線スペクトル分析法(例：Ge 半導体検出器,NaI(Tl)シンチレーション検出器)
- 放射化学分析法

(3)記録

以下の事項を記録し、５年間保存

①測定日時　②測定方法　③放射線測定器の種類、型式および性能　④測定箇所　⑤測定条件　⑥測定結果　⑦測定を実施した者の氏名　⑧測定結果に基づいて実施した措置の概要

4-8-3. 評価

電離放射線障害防止規則第三条第三項等の規定に基づき厚生労働大臣が定める限度および方法を定める告示（労働省告示第 93 号）　第一条による

- セシウム 134　１種の場合は、2×10^{-3}Bq/cm^3
- セシウム 137　１種の場合は、3×10^{-3}Bq/cm^3

セシウム 134 とセシウム 137 の場合、各濃度限度に対する割合の和が 1

(1)管理区域に該当するかの判断

- 詳細は、厚生労働省基発第 253 号　別添１「管理区域の設定等に当たっての留意事項」による。
- 管理区域の設定のための測定は、第１種作業環境測定士に行わせることが望ましい。

(2)管理区域

- 外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量の合計が 3 ヶ月につき 1.3mSv を超えるおそれがある区域。

  →外部放射線による実効線量：１センチメートル線量等量

  空気中の放射性物質による実効線量＝

  1.3mSv×週平均濃度(注1)の 3 月平均/（0.1×厚労省が定める限度(注2)）

（注 1）：週平均濃度＝1 週間の労働時間中における空気中の放射性物質の濃度の平均(実測値)×1 週間の労働時間/40 時間

（注 2）：厚生労働大臣が定める限度とは、空気中濃度限度(年 50mSv に相当する。単位：Bq/cm^3)
なお、週平均濃度の 3 月平均とは、週平均濃度を 13 回(3 月間分)算定し、その平均をとったもの

・ 放射性物質の表面密度が電離則別表第三に掲げる限度の十分の一を超えるおそれがある区域。
→電離則別表第三　表面汚染に関する限度：40Bq/cm^2（アルファ線を放出しない場合）

(3)線量当量率等の測定

・ 放射線業務を行う作業場のうち管理区域に該当する部分

(4)取扱い対象物質（固体、液体）

・ セシウム 134
・ セシウム 137

(5)実施頻度

・ 1 ヶ月ごとに線量当量率または線量当量を測定する。

(6)実施者

・ 規定なし

(7)測定方法

作業環境測定基準第 8 条による。また、作業環境測定ガイドブック 2 を参考にする。
（例：NaI(TI)シンチレーション検出器）

(8)記録

以下の事項を記録し、5 年間保存
①測定日時　②測定方法　③放射線測定器の種類、型式および性能　④測定箇所　⑤測定条件　⑥測定結果　⑦測定を実施した者の氏名　⑧測定結果に基づいて実施した措置の概要

(9)評価

線量当量率から線量当量を求め、被ばく限度と比較し、個人被ばく量の目安とする。

4-8-4.管理区域の個人被ばく量の測定

(1)対象者

・ 管理区域内部で放射線業務に従事する労働者
・ 緊急作業従事者
・ 管理区域に一時的に立ち入る労働者

(2)測定方法

ガラスバッチまたはポケット線量計の装着

(3)記録

以下の記録を 30 年間保存

- 男性および妊娠不能の女性：実効線量 3 ヶ月、1 年、5 年ごとの合計
- 女性：実効線量 1 ヶ月、3 ヶ月、1 年ごとの合計
- 人体の組織別等価線量(水晶体、皮膚)：3 ヶ月、1 年ごとの合計
- 妊娠中の女性：実効線量および腹部表面の等価線量の 1 ヶ月ごとおよび妊娠中の合計
- 1 日における外部被ばくによる線量が 1cm 線量当量について 1 mSv を超えるおそれのある場合は、外部被ばくによる線量の測定結果を毎日確認する

【参考資料】

- 作業環境測定基準（昭和 51 年 4 月 22 日　労働省告示第 46 号）
- 電離放射線障害防止規則(昭和 47 年 9 月 30 日　労働省令第 41 号)
- 電離放射線障害防止規則第三条第三項等の規定に基づき厚生労働大臣が定める限度および方法を定める告示（昭和 63 年 10 月 1 日　労働省告示第 93 号）