

放射能測定法シリーズ
大気中放射性物質測定法
(原案)

令和3年12月

原子力規制庁 監視情報課

はじめに

放射能測定法シリーズ No. XX「大気中放射性物質測定法」は、原子力災害対策指針（原子力規制委員会、令和2年10月28日一部改正）において規定されている「大気中の放射性物質の濃度」を測定するために策定されたマニュアルである。

大気中放射性物質測定には、大気浮遊じんを採取しながら連続測定を行うダストモニタ、大気浮遊じんを採取するダストサンプラ、放射性ヨウ素を採取するヨウ素サンプラ、大気中のガス状放射性物質を連続測定するガスモニタを使用する。

本測定法は、平常時と緊急時の両方において測定を実施するための手順を定めている。平常時と緊急時では、大気中の放射性物質の濃度を測定するという基本的な目的及び使用する機器には共通点があるものの、モニタリングの目的やデータ評価の考え方は異なる部分があることから、第1部を平常時における大気中放射性物質測定、第2部を緊急時における大気中放射性物質測定とする2部構成としており、各部を独立したマニュアルとしても使用できるように策定している。

平常時における大気中放射性物質測定（第1部）では、ダストモニタによる連続測定、ダストサンプラ等による大気試料の採取～分析、ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析、ガスモニタによる連続測定についての測定手順を記載している。

緊急時における大気中放射性物質測定（第2部）では、大気モニタによる連続測定、大気モニタにより採取した大気試料の分析、ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析、ダストサンプラによる大気試料の採取～分析の測定手順を記載している。

なお、本測定法では、緊急時に使用するダストモニタを大気モニタと定義しており、機器の測定原理は平常時に使用するダストモニタと同じである。ダストモニタは平常時と緊急時の両方で使用する。緊急時には、ダストモニタを追加運用してモニタリング体制を強化することとしており、平常時から使用しているダストモニタと区別するために、緊急時のために増設したダストモニタのことを大気モニタとしている。

放射能測定法シリーズは、策定時点における最新の技術的な水準と知見を反映しているが、日々新しい技術が検討されていく中で開発された、より信頼性が高く、より適切な方法を否定するものではない。本測定法を活用するにあたっては、記載内容を基本としつつ、大気中放射性物質濃度測定を適切に実施する上で最適な方法を選択するための一助としていただきたい。

構 成

第 1 部 平常時における大気中放射性物質測定

第 1 章	序論
第 2 章	基本事項及び適用範囲
第 3 章	ダストモニタによる連続測定
第 4 章	ダストサンプラ等による大気試料の採取
第 5 章	ダストサンプラ等により採取した大気試料の分析
第 6 章	ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析
第 7 章	ガスモニタによる連続測定
解 説	

第 2 部 緊急時における大気中放射性物質測定

第 1 章	序論
第 2 章	基本事項及び適用範囲
第 3 章	大気モニタによる連続測定
第 4 章	大気モニタにより採取した大気試料の分析
第 5 章	ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析
第 6 章	ダストサンプラによる大気試料の採取～分析
解 説	

第 1 部、第 2 部共通

参 考
付 録
参考文献

放射能測定法シリーズ No. XX
大気中放射性物質測定法

第 1 部 平常時における大気中放射性物質測定

目 次

第1部 平常時における大気中放射性物質測定

第1章 序論.....	5
第2章 基本事項及び適用範囲.....	6
2.1 測定の目的.....	6
2.2 使用機器及び使用の流れ.....	7
第3章 ダストモニタによる連続測定.....	15
3.1 機器.....	15
3.2 大気捕集材.....	23
3.3 設置、校正、点検.....	24
3.4 測定.....	31
3.5 測定結果の評価.....	35
第4章 ダストサンプラ等による大気試料の採取.....	42
4.1 機器.....	42
4.2 大気捕集材.....	45
4.3 設置、点検.....	47
4.4 採取.....	49
第5章 ダストサンプラ等により採取した大気試料の分析.....	51
5.1 前処理.....	51
5.2 分析.....	57
5.3 分析結果の評価.....	63
5.4 試料保管.....	64
第6章 ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析.....	65
6.1 採取～分析.....	65
第7章 ガスモニタによる連続測定.....	66
7.1 機器.....	66
7.2 設置、校正、点検.....	69
7.3 測定.....	71
7.4 測定結果の評価.....	72
解説.....	73
解説A 大気中放射性物質測定の有効性.....	74
解説B 検出可能レベル.....	77
解説C ダストモニタの測定条件設定の考え方.....	79
解説D ダストモニタの効率.....	85
解説E ダストモニタ測定結果へのラドン・トロン壊変生成物の影響.....	88
解説F ダストモニタにおける人工放射性核種寄与分の弁別方法.....	91

第 1 章 序 論

平常時モニタリングは、緊急時における原子力施設からの放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響の評価に資する観点から、平常時から実施する必要があるモニタリング（空間放射線量率、大気中の放射性物質の濃度、環境試料中の放射性物質の濃度）として、「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）」（原子力規制庁監視情報課、平成30年4月4日）（以下「平常時補足参考資料」という。）に定義されている。

その中で、平常時モニタリングにおける大気中の放射性物質の濃度の測定は、①周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価、②原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価のために実施するとしている。

第 1 部では、平常時モニタリングとして実施する、ダストモニタによる連続測定、ダストサンプラ等による大気試料の採取～分析、ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析、ガスモニタによる連続測定についての測定手順を記載している。

第 2 章 基本事項及び適用範囲

2.1 測定の目的

平常時モニタリングでは、平常時補足参考資料に基づき、以下の 2 つの目的で大気中の放射性物質の濃度の測定を実施する。

(1) 周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価

原子力施設の周辺住民等の健康と安全を守るため、平常時から、環境における原子力施設起因の放射性物質又は放射線による周辺住民等の被ばく線量を推定し、評価する。

(2) 原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価

原子力施設から敷地外への予期しない放射性物質又は放射線の放出を検出することにより、原子力施設の異常の早期発見に資する。また、原子力施設から予期しない放射性物質又は放射線の放出があった場合に、その影響を的確かつ迅速に評価するため、平常時モニタリングの結果を把握しておく。

2.2 使用機器及び使用の流れ

平常時モニタリングで使用する機器を示す。なお、各機器の測定原理は、各章を参照すること。

2.2.1 ダストモニタ

(1) 機器の概要

ダストモニタは、大気浮遊じんをろ紙に採取しながら、大気浮遊じん中の放射能濃度を連続測定するための機器である。本測定法においては、ダストモニタをダストサンプラとして使用することを範囲に含むものとする。

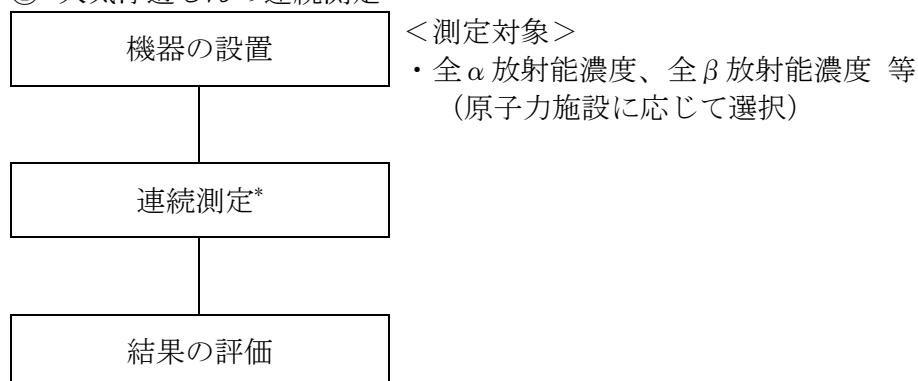


図 2-1 ダストモニタの例

(2) 使用の流れ

ダストモニタの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

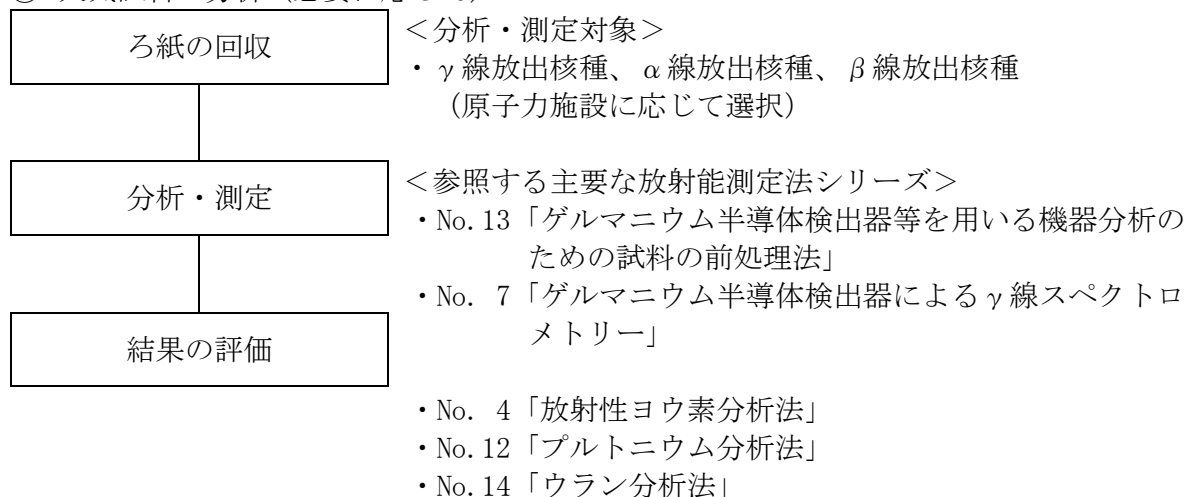
① 大気浮遊じんの連続測定



*大気浮遊じんをろ紙に採取しながらの連続測定のことをいう。

また、ダストサンプラとしても使用する場合には、大気浮遊じんの採取の目的も含んでいる。

② 大気試料の分析（必要に応じて）



2.2.2 ダストサンプラ

(1) 機器の概要

ダストサンプラは、大気浮遊じんをろ紙に採取するための機器である。

ダストモニタも大気浮遊じんを採取することができる機器という観点から、ダストサンプラとしても使用することができる。

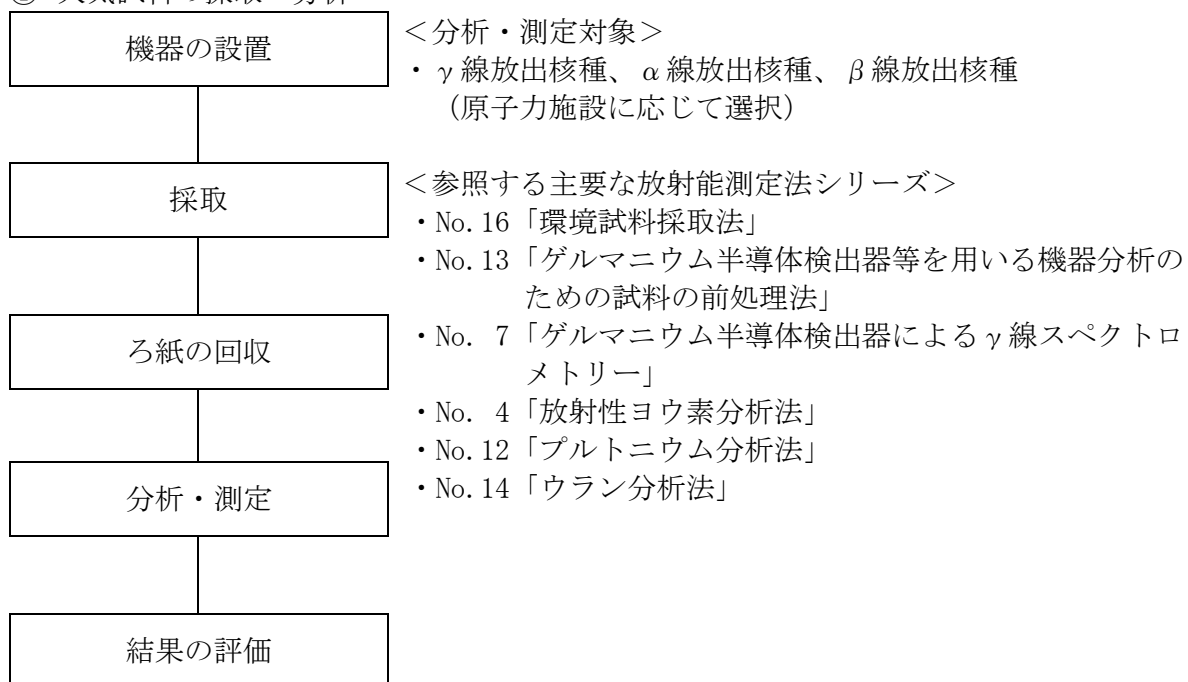


図 2-2 ダストサンプラの例

(2) 使用の流れ

ダストサンプラの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

① 大気試料の採取～分析



2.2.3 ヨウ素サンプラ

(1) 機器の概要

ヨウ素サンプラは、大気中の放射性ヨウ素（粒子状及びガス状）をろ紙及び活性炭カートリッジに採取するための機器である。

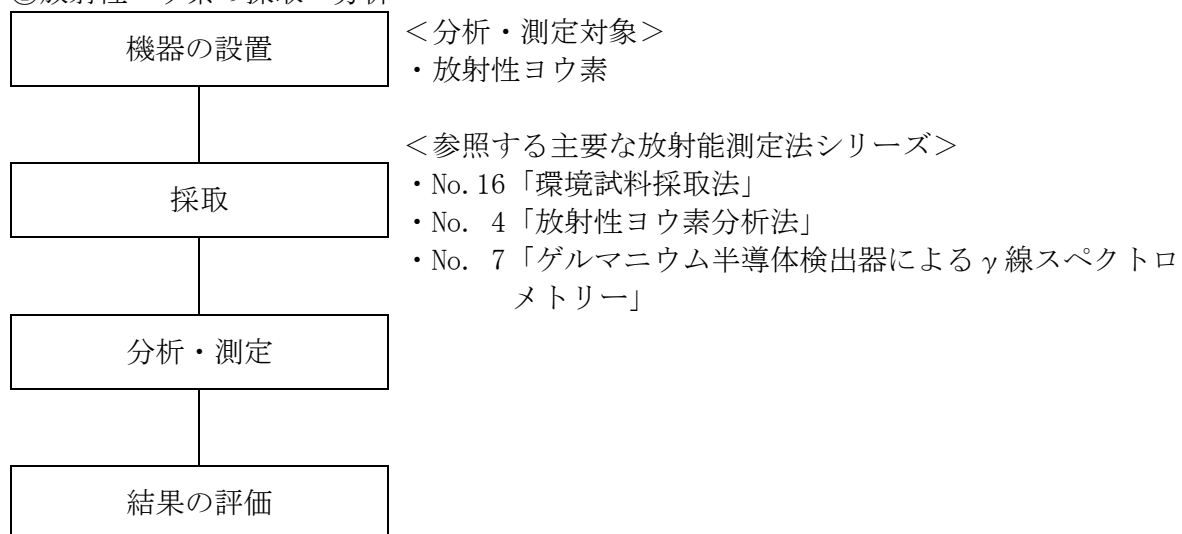


図 2-3 ヨウ素サンプラの例

(2) 使用の流れ

ヨウ素サンプラの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

① 放射性ヨウ素の採取～分析



2.2.4 ガスモニタ

(1) 機器の概要

ガスモニタは、大気中のガス状放射性物質を連続測定する機器である。

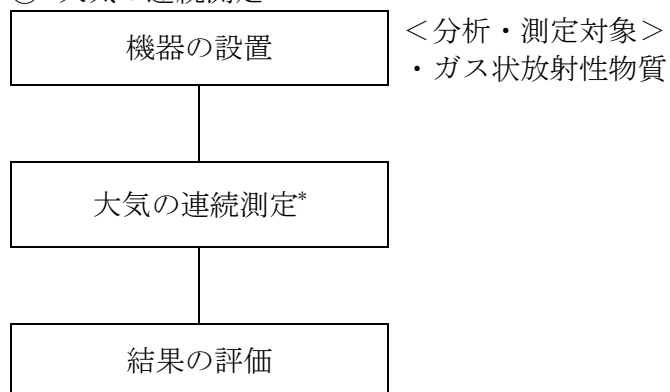


図 2-4 ガスモニタの例

(2) 使用の流れ

ガスモニタの使用の流れを示す。

① 大気の連続測定



*大気を検出部に導入しながらの連続測定のことをいう。

第 3 章 ダストモニタによる連続測定

ダストモニタによる連続測定は、原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出するために、大気浮遊じんから放出される α 線、 β 線及び γ 線の計数率をエネルギー区分無しに測定し、大気浮遊じんに含まれる放射能濃度を迅速に評価することを基本としている。大気浮遊じんに含まれる放射性核種濃度は、必要に応じてダストモニタのろ紙を回収して、精密分析により評価する。

精密分析の手順については、第 5 章を参照すること。

3.1 機器

3.1.1 機器の分類

ダストモニタは、表 3-1 に示す(1)～(5)に分類される。

表 3-1 ダストモニタの分類

分類	定義
(1) α 線ダストモニタ	大気浮遊じんからの α 線を測定するダストモニタ
(2) β 線ダストモニタ	大気浮遊じんからの β 線を測定するダストモニタ
(3) γ 線ダストモニタ	大気浮遊じんからの γ 線を測定するダストモニタ
(4) $\alpha \cdot \beta$ 線ダストモニタ	1つの検出部を用いて大気浮遊じんからの α 線及び β 線を同時に測定するダストモニタ
(5) (1)～(4)を組み合わせたダストモニタ	(1)～(4)のいずれか 2 つ以上の検出部を装着したダストモニタ

3.1.2 測定対象

①全 α 放射能濃度

大気浮遊じんからの α 線を測定し、大気浮遊じんに含まれる全ての α 線放出核種の放射能の総量を、全 α 放射能濃度 (Bq/m^3) として算出する。

②全 β 放射能濃度

大気浮遊じんからの β 線を測定し、大気浮遊じんに含まれる全ての β 線放出核種の放射能の総量を、全 β 放射能濃度 (Bq/m^3) として算出する。

③ γ 線全計数率

大気浮遊じんからの γ 線全計数率 (s^{-1}) を測定する。

ダストモニタの測定値は、自然放射性物質（主にラドン・トロン壊変生成物）による寄与を含んでおり、平常時のバックグラウンドレベルではその変動が測定値の変動に大きく影響することから、原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出の妨げとなる。ラドン・トロン壊変生成物による測定値の変動については、解説 E を参照すること。

測定値に含まれる原子力施設起因の人工放射性核種による寄与を評価する場合には、①～③を組み合わせる、または、スペクトル解析を使用する方法等がある。評価については 3.5 を、評価方法については解説 F を参照すること。

ただし、ダストモニタによる連続測定では、人工放射性核種による寄与を評価することはできるが、各人工放射性核種濃度の定量は困難であることに留意する必要がある。

3.1.3 機器の選定

表 3-1 を参照し、測定対象となる放射線の種類に応じたダストモニタを選定する。

表 3-1(4) 及び(5) のような複数の種類の放射線を測定できるダストモニタを選定することが、原子力施設起因の人工放射性核種による寄与を評価する上では有効である。

平常時補足参考資料に記載されている原子力施設及び測定対象に応じたダストモニタの選定例を表 3-2 に示す。

表 3-2 ダストモニタの選定例

原子力施設	測定対象	ダストモニタの選定例	
発電用原子炉施設 (PAZ 及び UPZ 設定を要する) (冷却告示に定める) (UPZ 設定を要しない)	施設起因の人工放射性核種	α ・ β 線ダストモニタ	
試験研究用等原子炉施設 (UPZ 設定を要する)	施設起因の人工放射性核種	α ・ β 線ダストモニタ	
ウラン加工施設 (UPZ 設定を要する)	全 α 放射能濃度	α 線ダストモニタ	
プルトニウムを取り扱う加工施設	全 α 放射能濃度	α 線ダストモニタ	
再処理施設	全 α 放射能濃度 全 β 放射能濃度	α ・ β 線ダストモニタ	

3.1.4 機器構成

ダストモニタは、図 3-1 のようにサンプラ、検出部、指示部、警報部、データ伝送部で構成される。各部の構成及び機能について(1)～(6)に示す。指示部における放射能濃度の演算や、警報部における警報の発報等の各機能について、テレメータシステム等においてその機能を有していれば、ダストモニタ本体における必要要件として限定しないこととする。

一般事項

- ①連続運転に耐え得るように、堅牢かつ操作及び保守が容易なものとする。
- ②振動、衝撃、腐食ガス等の影響を受けにくい構造とする。
- ③電磁誘導、静電気等の影響を受けにくい構造とする。また、他の機器に対して電磁誘導等の影響を与えにくい構造とする。
- ④故障に対する自己診断機能を持っていることが望ましい。

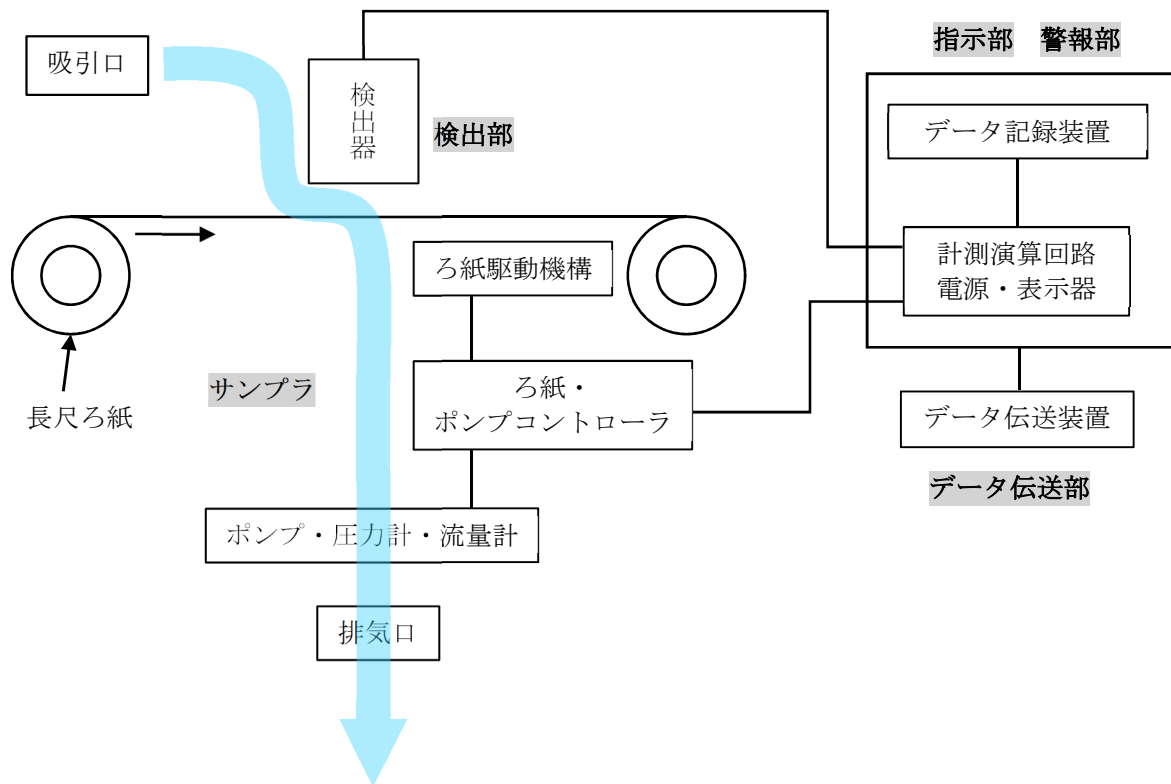


図 3-1 ダストモニタの機器構成例

(1) サンプラ

サンプラは、大気を吸引するポンプ、流量計及びろ紙を装着して大気浮遊じんを捕集する集じん部等で構成される。

ポンプ及び流量計の仕様等については、第 4 章を参照すること。

① 集じん部

集じん部は気密性を保持し、大気浮遊じん中の放射能濃度を適切に測定することができる構造とする。

流量は、集じん時間と要求される検出下限値等の関係で決められるが、大気浮遊じんのみを対象とする場合は 100~250 L/min に、放射性ヨウ素のみを対象とする場合は約 50 L/min に、大気浮遊じんと放射性ヨウ素の両方を対象とする場合は約 50 L/min に設定することができるポンプを使用する。

集じん部の必要要件を表 3-3 に示す。

表 3-3 集じん部の必要要件

項目	必要要件
集じん方式	<ul style="list-style-type: none"> 集じんは連続とし、ろ紙捕集方式とする。 集じんは、起動した瞬間から吸引を開始し、以後は設定した時間ごとに繰り返し採取流量の測定を実施すること。
流量調整範囲	50~250 L/min 程度
流量計	10~300 L/min
圧力計 (真空計)	-101.3~0 kPa[gage]

吸引口	<ul style="list-style-type: none"> 放射線物質の吸入による内部被ばく線量を考慮するため、高さは地上1 m程度を基本とする。ただし、周辺土壌等の舞い上がりによる吸引を防止するため、又は、積雪で吸引口が雪に埋まり大気を吸引することができなくなることを防止するため、地上1 mよりも高い場所に設置することを否定するものではない。 壁の側面等に取り付ける。 水やごみ、虫等の侵入を防ぐ構造（例えば金網装着等）とする。
排気口	<ul style="list-style-type: none"> 局舎壁面等を貫通して局舎外へ排気すること。 吸引口から極力離れた場所で排気すること。
湿度・結露対策	<ul style="list-style-type: none"> 結露等によるろ紙への影響を避けるため、試料空気の温度は50℃程度に加温制御すること。 加温制御が高温暴走することを防止するため、温度モニタを設けるとともに、高温暴走した場合に安全装置により加温制御を停止する機構を有していること。

② ろ紙

ろ紙の必要要件を以下に示す。ろ紙の仕様等については3.2を参照すること。

- 固定ろ紙式サンプラには円形又は角形ろ紙、移動ろ紙式サンプラにはロール状ろ紙を用いる。
- 1ヶ月以上の連続した測定が可能な量のろ紙を装着できること。
- ろ紙は安全、迅速かつ容易に交換できる構造とする。
- 使用前ろ紙及び使用済ろ紙について、カバー等で覆う又は当該部分の密閉性を高める等して、周辺空気によるろ紙の汚染防止を図る。

③ ろ紙送り方式

ダストモニタのろ紙は、目詰まりを防ぐために一定の周期でろ紙を交換又は移動させる必要がある。

移動ろ紙式サンプラの場合、一定時間間隔でろ紙を移動させる「間欠送り」と、一定速度でろ紙を連続的に移動させる「連続送り」がある。

ろ紙送り方式の必要要件を以下に示す。

- ろ紙送りは遠隔制御ができ、任意の時間設定が可能であることとする。
- ろ紙送りに伴う連続測定の空白時間を短くするために、ろ紙送り動作の時間は極力短くすること。
- 放射能濃度が設定値を超えた場合、流量が設定値を下回った場合及びろ紙前後の圧力差が設定値を超えた場合にも、自動的にろ紙送りできること。

(2) 検出部

検出部は、大気浮遊じんから放出される放射線を検出する部分である。

検出部の必要要件を以下に示す。

- 測定時に、捕集した大気中に存在する放射性希ガス等によって影響を受けないように、検出部付近の間隙を小さくした構造とする。
- 汚染しにくく、除染又は交換が容易な構造とする。

① 検出器

検出器の必要要件を以下に示す。

- 検出器の有効面の形状は、集じん面の形状と同一又は大きくする。
- 検出器表面（吸引された試料空気に接する部分）は難吸着材料の使用等により放射性物質の吸着の防止を図る。

- ・検出器は、外部からの放射線によるバックグラウンドを低減するため、厚さ 3～5 cm 程度の鉛により遮へいする。

検出器の測定原理等の詳細については 3.1.5 に記載する。

(3) 指示部

指示部は、サンプラ及び検出部からの信号を計測し、指示値を表示するとともにデータ伝送部に出力する部分である。

指示部の必要要件を表 3-4 に示す。

表 3-4 指示部の必要要件

項目	必要要件
測定項目	放射能濃度 (Bq/m ³) *放射能濃度を評価できない場合は、計数率のみとする。
	計数率 (cps)、積算計数 (count)
	流量率 (L/min)、積算流量 (L)
	測定時間 (秒)
表示項目	測定日時：○年○月○日○時○分○秒
	直近の放射能濃度 (Bq/m ³)
	計数率 (cps)、積算計数 (count)
	流量率 (L/min)、積算流量 (L)
	測定時間 (秒)
	圧力 (kPa)
データ保存機能	測定値等及び状態信号をデータ記録装置に保存できること。
	(ア) 測定値等 ①地点名、②機器番号、③位置情報、④測定日時、 ⑤放射能濃度、⑥計数率、⑦積算計数、⑧積算流量、⑨測定時間
	(イ) 状態信号 (警報を含む) ①測定中、②校正中、③調整中、④通信異常、⑤放射能濃度高、 ⑥サンプラ異常、⑦検出器異常、⑧HV 電源異常、⑨LV 電源異常、 ⑩圧力高、⑪ポンプ流量低、⑫ろ紙切れ、⑬ろ紙送り中、 ⑭ろ紙残量少
	(ウ) 保存容量 (ア) は 1 時間ごと (緊急時には 10 分ごとの保存ができること)、 (イ) は事象発生時に記録する。 保存件数は 1 ヶ月以上を本体内に確保する。また、保存されたデータは、 USB メモリや PC 等を本体に接続することにより、出力することが可能な こと。
外部出力	測定値等及び状態信号を、データ伝送装置を介してテレメータシステム 等に出力できること。

制御入力	制御信号を、データ伝送装置を介してテレメータシステム等より入力できること。 制御信号：起動（測定開始）、停止（測定停止）、ろ紙送り、ろ紙送り間隔変更（緊急時モードへ変更）
時刻同期	起動時にテレメータシステム等のタイムサーバーにアクセスし、時刻同期を図るとともに、毎日1回以上定時に時刻同期を行うこと。

(4) 警報部

警報部は、指示値がある設定値を超えたこと等を検知及び通知するための部分である。警報の内容により、指示部、又はテレメータシステム等に発報されるように設定する。

警報部の必要要件を以下に示す。また、警報事象例を表 3-5 に示す。

- ・測定値が警報設定値を超えたときには、ランプ、ブザー等によって警報を発報すること。
- ・警報発生時は、警報内容が本体表示画面又はテレメータシステム等に表示されること。
- ・警報は、リセット又は原因の解消まで維持し、警報内容を記録すること。
- ・警報設定値を確認でき、警報が正常に動作することを確認できること。
- ・故障又は異常を、原因ごとに個別に表示できることが望ましい。

表 3-5 警報事象例

	項目
警報事象	放射能濃度高、検出器異常、サンプラ異常、HV 電源異常、LV 電源異常、圧力高、ポンプ流量低、ろ紙切れ及びろ紙送り異常

(5) データ伝送部

指示部で収集したデータを、通信機器を介してテレメータシステム等へ出力し、また、テレメータシステム等より制御信号を受信してダストモニタを制御する部分である。

データ伝送項目例については、3.4 を参照すること。

データ通信には、モニタリング局舎内の設備が利用している通信回線があればそれを利用する。データ通信が停止することを防止するため、通信回線は多重化されていることが望ましい。

(6) その他

必要に応じて、流路やろ紙の結露防止のための加温管や水トラップ、ポンプから発生する騒音防止のための消音器を排気側に設置する。

3.1.5 検出器の種類と測定原理

ダストモニタに使用される検出器の種類を表 3-6 に示す。

ただし、これと同等以上の性能を有する検出器があれば、これに限定するものではない。

表 3-6 ダストモニタに使用される検出器の種類

	検出器の種類
α 線検出器	ZnS(Ag) シンチレーション検出器
	シリコン半導体検出器
β 線検出器	プラスチックシンチレーション検出器
	シリコン半導体検出器
γ 線検出器	NaI(Tl) シンチレーション検出器
α・β 線検出器	ZnS(Ag) シンチレーション検出器 +プラスチックシンチレーション検出器
	シリコン半導体検出器

(1) α 線検出器

① ZnS(Ag) シンチレーション検出器

放射線の入射に伴って ZnS(Ag) シンチレータより発生した光を光電子増倍管にて光電子に変換、増幅してパルス信号として出力し、計測する。

ZnS(Ag) シンチレータは 0.1 mm 径程度の微粒子の ZnS(Ag) を透明ガラス板の表面等に塗布したものであり、ZnS は白色の粉末であるため光の透過度は低いが、飛程の小さい α 線は十分に検出され、しかも薄いため β、γ 線に対しての発光量は小さく α 線出力パルスを弁別した検出が容易である。発光強度が大きい。

ZnS(Ag) は無機結晶シンチレータの一つであり、以下の物性を有する。

- ・ α 線に感度を有する白い粉末である。
- ・ 最大発光波長 450 nm で、一般的な光電子増倍管の感度最大波長に近い。
- ・ 減衰時間 200 ns で、NaI(Tl) の 230 ns と同程度である。
- ・ β 線に感度を有するプラスチックシンチレータの表面に塗布し、α 線及び β 線を同時に測定することができる。

② シリコン半導体検出器

入射放射線とシリコン結晶との相互作用の結果、二次電子が発生する。この二次電子の電離作用によって電子正孔対が生成され、高電圧を印加することによって、それぞれを陽極と陰極に集荷して電流が流れる。信号はパルスとして出力される。

(2) β 線検出器

① プラスチックシンチレーション検出器

シンチレーション検出器としての測定原理については ZnS(Ag) シンチレーション検出器と同様であり、α 線、β 線及び高速中性子の測定に使用されている。ただし、α 線のような電離密度の高い放射線に対しては発光効率が低いため、ダストモニタでは β 線測定用として使用されている。プラスチックシンチレータは有機シンチレータを溶媒に溶かした後、これを高分子化して固体プラスチックにする。母材としてはポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリメチルメタクリレート等がある。

②シリコン半導体検出器

(1) α 線検出器と同様

(3) γ 線検出器

①NaI (Tl)シンチレーション検出器

放射線の入射に伴って、NaI (Tl)結晶中で発生する励起発光（蛍光）を光電子増倍管にて光電子に変換、増幅して光の強さに比例したパルスを出力する。出力されるパルス信号には入射放射線のエネルギーとの比例関係があることから、 γ 線スペクトルを解析することによって、放射性核種の定性又は定量が可能となる。

検出器としての特徴は、放射線の吸収反応を電離又はエネルギーの形で直接的に測定するものではなく、光による間接的な測定である点にあり、光-電子変換効率の低さから発生する光電子の数が少ないため、エネルギー分解能が高くないという特性がある。その反面、光電子増倍管の電子増倍率が非常に高いことによって、極めて低い信号にもかかわらず波高弁別器でシグナルとノイズを識別・分離できるため、高く安定した放射線検出を行える特徴がある。

詳細は、放射能測定法シリーズ No. 6「NaI (Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法」を参照すること。

(4) α ・ β 線検出器

①ZnS (Ag)シンチレーション検出器+プラスチックシンチレーション検出器

α 線と β 線を同時に検出するため、プラスチックシンチレータにZnS (Ag)シンチレータが塗布された一体型の検出器が使用されている。測定原理は、上述した各検出器と同様である。 α ・ β 同時計数機能を用いて、人工放射性核種による寄与を評価する手法もある（解説F参照）。

②シリコン半導体検出器

(1) α 線検出器及び(2) β 線検出器と同様

3.1.6 機器仕様例

ダストモニタの機器仕様例を表 3-7 に示す。大気捕集材については 3.2 を参照すること。

表 3-7 ダストモニタの機器仕様例

項目	タイプ A	タイプ B	タイプ C	タイプ D	タイプ E
測定対象	α線	β線	α・β線		γ線
検出器	ZnS (Ag) シンチレータ	プラスチック シンチレータ	ZnS (Ag) シンチレータ + プラスチック シンチレータ	シリコン 半導体	NaI (Tl) シンチレータ
捕集材	メンブレン ろ紙	セルロース・ ガラス繊維 ろ紙	セルロース・ガラス繊維ろ紙、 又は、メンブレンろ紙*1		セルロース・ ガラス繊維 ろ紙
検出面積	φ 50 mm	φ 50 mm	φ 50 mm	1700 mm ² (約 φ 23 mm)	2 inch φ
流量	50~250 L/min				
ろ紙送り 方式	間欠送り、又は、一定時間で交換*2				

*1 α線を主に測定する場合はメンブレンろ紙、β線を主に測定する場合はセルロース・ガラス繊維ろ紙を使用する。

*2 長尺ろ紙の場合は間欠送り、固定ろ紙の場合は一定時間で交換する。

3.2 大気捕集材

3.2.1 大気捕集材の選択

ダストモニタは一定時間間隔で大気捕集材を自動で交換する必要があることから、長尺ろ紙を使用することを基本とする。円形又は角形のろ紙を使用する場合には、一定時間間隔で大気捕集材を自動で交換することができる必要がある。

材質は、 α 線を測定対象とする場合には、大気浮遊じんがろ紙の内部に入り込むことによる測定結果の過小評価を避けるために、メンブレンろ紙等を使用する。 β 線及び γ 線を測定対象とする場合には、 α 線のような大気浮遊じんのろ紙への入り込みによる影響は小さいため、ろ紙の強度を優先して、セルロース・ガラス繊維ろ紙等を使用する。ダストモニタの分類に応じて選定する大気捕集材例を表3-8に示す。

表3-8 大気捕集材の選定例

分類	大気捕集材の選定例
α 線ダストモニタ	メンブレンろ紙
β 線ダストモニタ	セルロース・ガラス繊維ろ紙
γ 線ダストモニタ	セルロース・ガラス繊維ろ紙
α ・ β 線ダストモニタ	メンブレンろ紙 (α 線を主に測定する場合) セルロース・ガラス繊維ろ紙 (β 線を主に測定する場合)

各大気捕集材の特性は、4.2及び参考Bを参照すること。

3.2.2 大気捕集材の仕様例

ダストモニタに使用する大気捕集材の仕様例を表3-9に示す。

表3-9 大気捕集材の仕様例

項目	タイプA	タイプB	タイプC
材質	セルロース・ガラス繊維		メンブレン
形状	ロール状	円形	ロール状
孔径	—		3.0 μ m
厚さ	0.41 mm		0.13 mm
寸法	75~78 mm×10~90 m	ϕ 60 mm	35 mm×12 m
捕集効率	99.7~99.9% (0.31 μ mのポリスチレンラテックス粒子、 通気速度 55~135 cm/s)		99.7% ($> \phi$ 0.15 μ mの微粒子、 通気速度 52.7 L/min/cm ² (=878 cm/s))
圧力損失	0.27 kPa		8~15 kPa
物理的性質	強度を高めるために布(寒冷紗)を裏打ち、はっ水性あり(はっ水度*: 4.9 kPa)		PTFE(ポリエチレン50%、ポリプロピレン50%)、 外側表面は平滑仕上げ
耐熱性	130°C		130°C

* 水が通過するのに必要な圧力

3.3 設置、校正、点検

設置地点を代表する測定値を取得するために、ダストモニタを適切な場所に設置し、校正及び点検により機器の健全性を担保することが重要である。

3.3.1 設置

(1) 設置場所の選定

設置に際し、以下の①～③を考慮した上で設置場所を選定する。原則として、モニタリングポスト等が設置されているモニタリング局舎内に固定して設置することがよいが、新設する場合も考慮して選定条件を以下に示す。

① 社会環境

項目	選定条件
ア 原子力施設からの距離	5 km 圏内*に設置する。
イ 原子力施設からの方角	原子力施設を中心として、設置場所の方位が偏らないように設置する。
ウ 人口分布	人口の多い地域を優先して設置する。

*平常時補足参考資料において、「炉規法に基づく発電用原子炉設置許可申請時においては、通常運転時に環境に放出される放射性物質によって施設周辺の公衆の受ける線量を評価するため、放射性希ガスによる実効線量については最大の線量を与える地点を、放射性ヨウ素による実効線量については最大濃度を与える地点をそれぞれ設定している。当該地点が施設から 5 km 圏内に設定されていることを踏まえ、発電用原子炉施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価のために必要な平常時モニタリングについては、発電用原子炉施設から 5 km 圏内を対象として実施することとする。」としているため。

② 自然環境

項目	選定条件
ア 地形	周囲が開けていて、立ち入りが容易である場所を選定する。平坦で周囲が数十 m 以上開けた場所を選定することが理想である。既存のモニタリング局舎内に設置する場合でも、木々や崖等の影響により大気浮遊じんを吸引を妨げる可能性がある場所を避ける。
イ 過去の風況実績	原子力施設からの放射性物質の放出を早期に検出しやすくするため、卓越風等の過去の風況実績を調査し、原子力施設の風下方向を優先して設置する。
ウ その他	<ul style="list-style-type: none"> ・高温、多湿等の悪環境の場所を避ける。 ・東日本大震災の際には、大規模地震後の津波による被害が甚大であったことから、海に近い地点に設置する場合には、津波の影響がない高台への設置を検討する必要がある。しかし、一方では海岸沿いに集落がある場合には、海に近い地点に設置せざるを得ない。よって、万が一使用不能となった場合には、可搬型の機器で代用等を行い対応する必要がある。

③ その他、地域の実情

項目	選定条件
ア 電源	局舎等から安定して電源を供給できる場所を選定する。
イ 通信網	災害時を考慮して、複数のデータ通信手段を整備することができる場所を選定する。
ウ 設置場所へのアクセス	定期的なる紙交換や機器調整を実施する必要があるため、アクセスが困難な場所を避ける。また、緊急時モニタリングでも使用できる可能性があるため、災害時の道路の寸断等も考慮する必要がある。
エ その他	交通量の多い道路脇や工場に近い場所等では、排気ガスや粉じんの影響により、ダストモニタのろ紙が短い時間で詰まってしまう可能性があるため、影響が少ない場所を選定する。

(2) 屋内への設置条件

屋内への設置に際し、以下の①～⑨を考慮した上で設置場所を選定する。

項目	設置条件
①局舎	<ul style="list-style-type: none"> ・局舎は、機器の搬入を考慮した入口の広さを確保することが望ましい。 ・保守点検等をしやすいように、機器の設置面積に対して余裕のある広さ及び天井高さとするのが望ましい。 ・床に防じん塗装を行うことが望ましい。 ・床にケーブル等の配線に対応する配管ピットが必要である。
②吸引口	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性物質の吸入による内部被ばく線量を考慮するため、高さは地上1 m程度を基本とする。ただし、周辺土壌等の舞い上がりによる吸引を防止するため、又は、積雪で吸引口が雪に埋まり大気を吸引することができなくなることを防止するため、地上1 mよりも高い場所に設置することを否定するものではない。 ・空調の送風機と同じ側に設置しない。 ・雨、雪の侵入を防ぐため、下方又は下方斜め方向とし、昆虫等の異物の侵入を防止する金網等を設ける。 ・大気吸引口の周辺における障害物を最小にする。 ・吸引口から集じん部までの配管は、粒子状物質の配管内沈着の低減を考慮すると、できる限り配管の長さを短くし、曲管（エルボ）をさけ、ステンレス鋼のような耐腐食性の金属を用いることが望ましい。
③排気口	<ul style="list-style-type: none"> ・排気した空気を吸引口から再度吸引してしまわないように、吸引口と同じ壁面での設置を極力避ける等、吸引口と排気口の位置関係に留意する。
④電源	<p>大規模な自然災害を伴う原子力災害の場合は、供給電源等のインフラが断たれてしまう可能性がある。このような場合を想定し、自家発電機、バッテリー又は太陽光発電設備等によって電源供給方法を2系統以上整備しておく。ただし、発電機は継続して供給可能な燃料（軽油、LPG等）を確保する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンスを容易に実施できる構造とすることが望ましい。

	<ul style="list-style-type: none"> ・電源回路には、保護装置又は保護回路を設ける。 ・切替部、接続部等は、多数回繰返し動作させても、電氣的性能が低下しないようにする。 ・予期せぬ落雷によって AC 電源を介して測定器の電氣系統が故障してしまう原因となることがある。このような事態を回避するためには、アレスタ等の避雷器を設置しておくことが望ましい。 ・ノイズ低減のためにアースを取る。
⑤空調	<p>機器の安定運転のために、局舎内に空調設備を設ける。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メーカーがダストモニタの正常動作を保証する温度及び湿度の範囲を維持する。 ・室温を一定に保つため、局舎の内壁に断熱材を張ると効果的である。
⑥ 結露防止対策	<p>ダストモニタのろ紙送り動作が結露により支障をきたすことを防止するため、結露防止対策を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吸引口と集じん部間にヒータを内蔵した加温管を取り付け、吸引した大気を加熱し相対湿度を下げる。 <p>*10℃程度加温すると相対湿度 90%の空気が 35～55%に低下できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配管並びに集じん部を断熱材で被覆する。
⑦耐震性	耐震基準の S クラス又は S クラス相当程度の耐震性を有するよう局舎、機器及び配管等の地震対策を講じる。
⑧通信	データ伝送の手段が断たれることを想定し、比較的災害の影響を受けない衛星通信等も整備しておくことが望ましい。
⑨その他	設置場所周辺はフェンス等で囲み、外部からの侵入やいたずら等の防止措置を取る。

3.3.2 校正

(1)校正に用いる標準線源

測定する放射線の種類に応じて、表 3-10 の標準線源を使用する。標準線源は面線源（図 3-2）とし、集じん面と同じ形状の標準線源を使用する。また、国家標準とのトレーサビリティが明確であり、表面放出率又は放射能の相対拡張不確かさ U は 10%以下 ($k=2$) とする。

表 3-10 校正に用いる標準線源

線種	標準線源
α 線	Am-241
β 線	Cl-36 又は Tl-204
γ 線	Cs-137



図 3-2 標準線源の例 (C1-36 標準線源、2 inchφ)

標準線源を変更した場合のダストモニタ測定値への影響を解説 D に示す。

(2) 校正方法

大気捕集材と検出器の幾何学的関係と同一になるように、大気捕集材の位置に図 3-3 のように標準線源を設置して校正を実施し、3.1 式により機器効率を測定する。機器効率は、放射線源の表面放出率に対する、決められた幾何学的条件で測定したときの測定器の正味計数率の比を表す。校正の度に設置条件が変わらないように、線源設置のための専用の治具をあらかじめ準備しておくといよい。

$$\varepsilon = N / \varphi \quad (3.1 \text{ 式})$$

ε : 機器効率

N : 正味計数率 (s^{-1})

(あらかじめ測定したバックグラウンド計数率を差し引いて算出する。)

φ : 放射線源の表面放出率 (s^{-1})

ダストモニタにより測定された放射能濃度は、効率校正に使用された 1 種類の標準線源の放射性核種濃度として計算されており、それを全放射能濃度としている。ダストモニタの効率校正のために使用する標準線源を変更した場合の影響について解説 D に記載する。

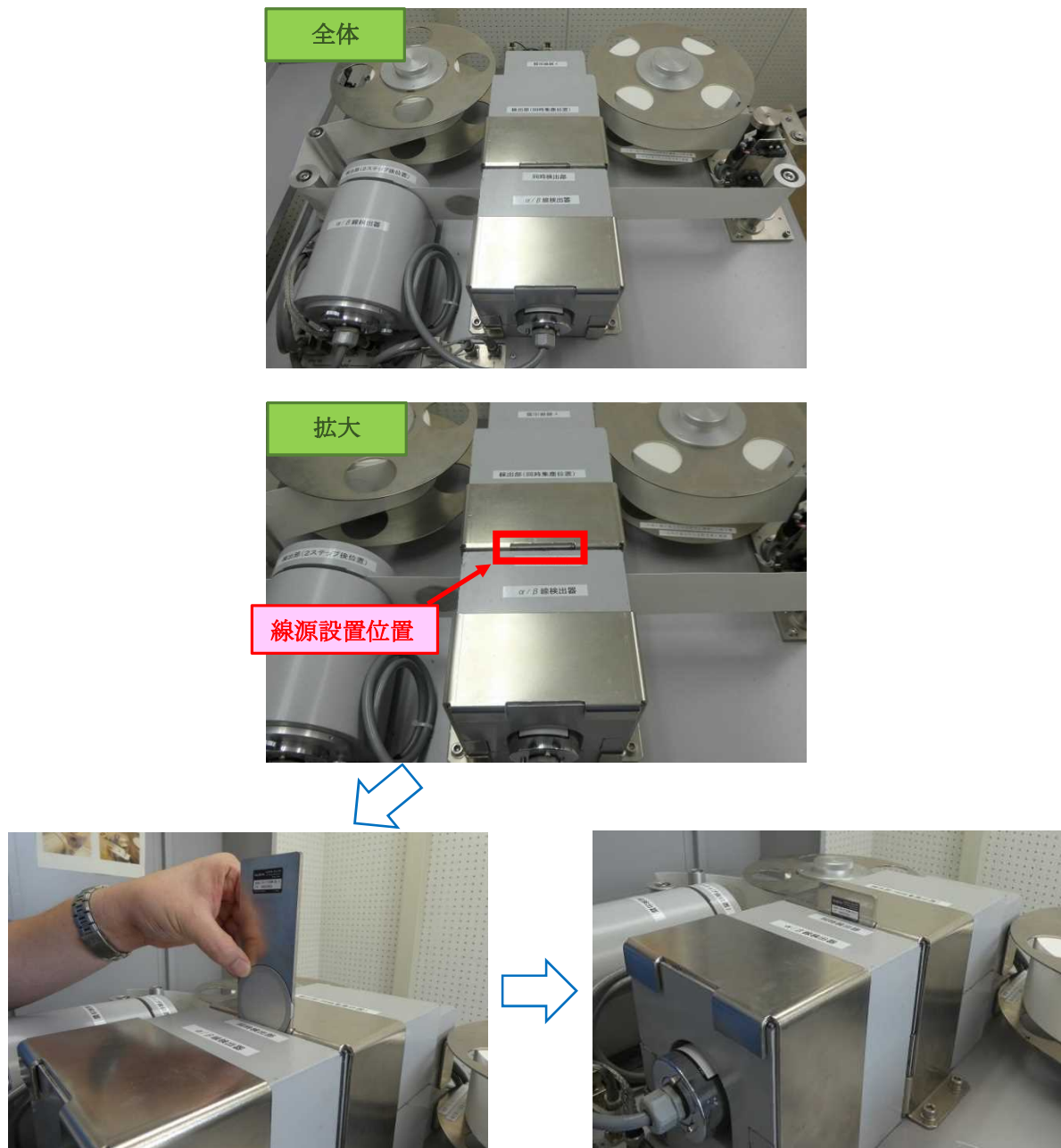


図 3-3 校正時の標準線源設置例

(3) 校正頻度

校正は機器導入時に、設置場所において実施する。

その後は、点検等の際に年 1 回程度、機器効率に変化がないことを確認する。機器効率に 10% 以上の変化が認められた場合には、再校正を実施する、又は機器異常の可能性のある場合には検出器を中心とした機器点検を実施する。

3.3.3 点検

(1) 日常点検

日常点検は、テレメータシステム等によりリモートで実施する項目と、設置場所で行う項目がある。

日常点検項目例を示す。

①テレメータシステム等によりリモートで実施する項目例

日常点検項目例	
動作確認	正常に動作及び通信しているか
	流量率、積算流量に異常はないか
	圧力の値が通常範囲内かどうか
異常値の有無	警報が発報していないか
	放射能濃度、計数率に異常はないか

②設置場所で行う実施する項目例

日常点検項目例	
動作確認	正常に動作及び通信しているか
	流量率、積算流量に異常はないか
	ポンプの動作音に異常はないか
	ろ紙送りが正常に行われているか
	吸気口に詰まりがないか
	圧力の値が通常範囲内かどうか
異常値の有無	警報が発報していないか
	放射能濃度、計数率に異常はないか
動作環境	局舎の空調は正常に動作しているか

(2) 定期点検

メーカーによる定期点検項目例を示す。

定期点検項目例		
①外観検査	サンプラ	
	検出部	
	指示部	
	データ伝送部	
	ケーブル、コネクタ部	
②単体動作、性能検査		
サンプラ	外部出力信号確認	
	リーク試験	
	停電対策動作確認	
	ろ紙	ろ紙送り動作確認
		制御動作確認
	流量計	動作確認
		流量指示精度
	ポンプ	動作確認（発熱、異音、振動、異臭等）
		摩耗品の定期的交換
	結露防止ユニット	加温制御の確認
		温度指示精度
	検出部	機器効率確認
指示部	動作確認	
	外部出力信号確認	
	計数率指示精度	
	流量指示精度	
	スケーラ動作確認	
	記録計指示精度	
警報部	警報動作確認	
データ伝送部	データ伝送確認	

(3) 点検頻度

日常点検はテレメータシステム等で行う点検は1日1回、設置場所で行う点検は月1回程度実施する。

定期点検は年1回以上実施する。

3.4 測定

(1) 機器の起動

平常時から連続測定を実施するため、常時起動しておく。

(2) 大気捕集材の取り付け

ダストモニタの取扱説明書に従って、大気捕集材を取り付ける。

*大気捕集材の取り付けの際には、ろ紙の表裏を間違えないように注意する。また、長尺ろ紙は取り付けが緩んでいると、ろ紙送りがうまくできずに機器が停止してしまうことがあるので注意する。

(3) 測定条件の設定

1時間の連続採取及び連続測定を基本とした測定条件を設定する。

基本の測定条件を表3-11に示し、各項目における留意事項を①～⑤に記載する。

測定条件の変更については、テレメータシステム等により遠隔操作で実施できること。

表3-11 ダストモニタによる連続測定のための基本の測定条件

項目	測定条件
① 採取流量率	50～250 L/min 程度
② ろ紙送り方式 (長尺ろ紙の場合)	間欠送り
③ 採取時間 (ろ紙送り時間)	6 時間
④ 測定位置	集じん位置
⑤ 測定時間	連続 (少なくとも1時間ごとに測定値を取得)

①採取流量率

50～250 L/min 程度とする。

ダストモニタのろ紙を回収して、放射性核種濃度を精密分析する場合には、解説Bに示す検出可能レベルを考慮して採取流量率を設定する。

*解説Bの検出可能レベルとして記載している10,000 m³の供試量を1ヶ月間(30日間)で得るためには約230 L/minの流量が、3,000 m³の供試量を1ヶ月間(30日間)で得るためには約70 L/minの流量が必要となる。放射性ヨウ素を同時に採取する場合は、ヨウ素の捕集効率を低下させないために50 L/min程度とする。

*ろ紙の目詰まりによる流量低下が10%以上にならないように注意する。

②ろ紙送り方式

長尺ろ紙を使用する場合は、間欠送り方式とする。連続送り方式は、本測定法においては使用しない。

③採取時間 (ろ紙送り時間)

原則として6時間とする。

ろ紙送り時間を6時間より短くする場合には、ろ紙の交換頻度が多くなる*ため、ろ紙の残量に留意する必要がある。ろ紙送り時間を長くすればするほど、捕集された大気浮遊じんの量及びそれに含まれる自然放射能が増加するため、原子力施設から放出された人工放射性物質の検知が困難になる。また、ろ紙の目詰まりによる採取流量率の低下が10%以上にならないように留意する。採取流量率低下の評価例については解説Cに示す。

緊急時には、大気モニタに合わせて1時間ごとのろ紙送りが必要となるため、緊急時モー

ドへの切り替え等により、ろ紙送り時間を1時間ごとに切り替えることができることとする。

*長さ90 mの長尺ろ紙を使用し、ろ紙送り距離が20 cmの場合、約4ヶ月間隔での交換が必要となる。

④測定位置

原子力施設からの予期しない放射性物質又はの放出による影響を早期検出するため、大気浮遊じんを捕集しながら、捕集した大気浮遊じんからの放射線を、集じん位置に設置した検出器で測定する。

⑤測定時間

測定時間は連続とするが、平常時補足参考資料では、予期しない放射性物質の放出後1時間程度の採取・測定で検出することを求めているため、少なくとも1時間ごとに測定値を取得する。ろ紙送り時間を6時間とする場合、1回のろ紙送り間隔において、少なくとも1時間ごとに6個の測定値を取得することになる。

緊急時には、大気モニタに合わせて10分ごとの測定が求められるため、緊急時モードへの切り替え等により、10分ごとの測定値の取得に切り替えることができることとする。

(4)測定開始

測定開始ボタン等により測定を開始する。

測定データを評価しやすくするため、ろ紙送り時間を0時、6時、12時、18時のように設定し、1時間ごとの測定値も正時ごとに取得できるよう設計しておくことよい。テレメータシステム等により、遠隔操作で測定の開始及び停止を制御することが望ましい。

(5)データ伝送

少なくとも1時間に1回、テレメータシステムにデータ伝送する。緊急時には、10分間ごとのデータ伝送に切り替えることができることとする。

データ伝送する項目例を表3-12に示す。

表 3-12 テレメータシステムへのデータ伝送項目例

区分	構成部	出力項目	備考		
測定値	指示部	測定日時			
		測定地点			
		測定時間			
		放射能	計数率	測定時間ごとの s^{-1}	
			積算計数	測定時間ごとの積算計数	
			放射能濃度	測定時間ごとの Bq/m^3	
	サンプラ	流量	平均流量率	測定時間ごとの L/min	
積算流量			測定時間ごとの m^3		
状態信号	指示部	検出部異常	高圧電源異常		
		測定部異常	低圧電源異常		
		放射能濃度高			
		放射能濃度低			
		計数率高			
		計数率低			
	サンプラ	集じん中			
		ろ紙送り中			
		ポンプ流量異常			
		圧力異常			
		ろ紙送り異常			
		ろ紙切れ			
		集じん部異常			
		ポンプ過負荷			
		サンプラ電源断	測定部異なる電源の場合		
		加温部異常	温度高、温度ヒューズ断		
		制御信号 (受信情報)	全般	起動又は停止	
			指示部	調整中	
				調整中リセット	
サンプラ	ろ紙送り				

(6) 放射能濃度の計算

① α 線又は β 線を測定するダストモニタ

1 時間ごとの全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度 (Bq/m^3) を、3.2 式を用いて、ろ紙送りからの経過時間までの平均放射能濃度を算出する。

$$C_t = \frac{N_t}{\varepsilon \times V_t} \quad (3.2 \text{ 式})$$

C_t : ろ紙送りから t 時間後の全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度 (Bq/m^3)

N_t : ろ紙送りから t 時間後までの正味計数率 (s^{-1}) の平均値

(正味計数率は、あらかじめ測定したバックグラウンド計数率を差し引いて算出する。)

ε : 機器効率

V_t : ろ紙送りから t 時間後までの積算流量 (m^3)

必要に応じて、捕集効率等の測定値に影響を及ぼすファクターを考慮する。

6 時間ろ紙送りの場合に計算に使用する 1 時間ごとの正味計数率と積算流量の考え方を図 3-4 に示す。

ここでは、平均濃度として計算しているが、緊急時の大気モニタでは 10 分ごとの測定値の差分から評価した瞬時値を使用する。計算方法の違いを含めた、ダストモニタの測定条件設定の考え方については解説 C に示す。

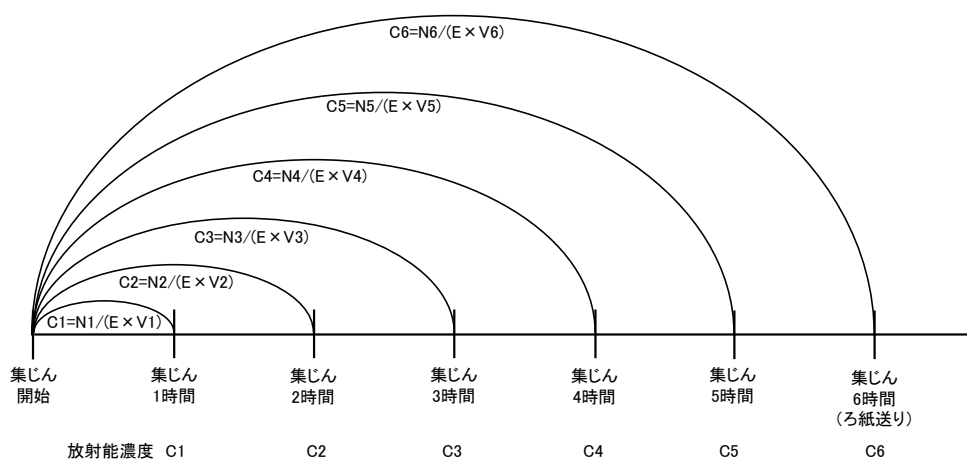


図 3-4 計算に用いる正味計数率と積算流量 (6 時間ろ紙送りの場合)

② γ 線ダストモニタ

1 時間ごとの全計数を記録する。

放射性核種濃度を定量できる場合には、1 時間ごとの γ 線放出核種濃度 (Bq/m^3) を計算する。

解析方法は、放射能測定法シリーズ No. 6 「NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータ機器分析法」を参照すること。

(7) ろ紙の回収

ダストモニタのろ紙を精密分析する場合には、任意の期間ごとにろ紙を回収する。

ろ紙を切り取って再取り付けする場合には、取り付け操作の不備により、ろ紙送り異常が発生しやすくなるため注意を要する。

ろ紙の回収手順については 4.4 を、その後の分析手順については第 5 章を参照すること。

3.5 測定結果の評価

3.5.1 測定値の変動と平常の変動幅

大気中の放射性物質の濃度は、主に以下の原因により変動が起こりうる。

- ① 試料採取方法、測定器の性能、測定方法等の測定条件の変化
 - ・ 計数の不確かさによる測定値のばらつき
 - ・ 大気の採取流量の変動による測定値の変動
- ② 降雨雪、積雪等の気象要因及び地理・地形上の要因等の自然条件の変化
 - ・ 降雨雪による大気浮遊じんの大気中からの洗い流し
 - ・ 積雪等による地表面からの再浮遊の抑制
- ③ 核爆発実験等の影響
 - ・ 人工放射性核種の大気中への放出及び拡散
- ④ 原子力施設の運転状況の変化
 - ・ 人工放射性核種の大気中への放出及び拡散（通常運転に伴う放出）

一方、原子力施設の通常運転時かつ測定条件等が適切に管理されている場合においては、③の原因による測定値の変動を除き、測定値の変動が概ねある一定の幅の中に納まると考えられる。この幅のことを「平常の変動幅」という。

平常の変動幅の設定に当たっては、過去数年間の測定条件の変化の有無等について確認することが重要である。また、東京電力福島第一原子力発電所事故等の影響を受けている地域は、その期間のデータの取扱いを考慮する必要がある。なお、平常の変動幅については、平常時モニタリング計画の更新、機器の更新、周辺環境の変化等に合わせて、定期的に見直すことが必要である。

ダストモニタ測定値が上昇し、要因調査の結果、施設寄与があったと判断した場合（施設寄与があった可能性を否定できないと判断した場合を含む）、当該時刻の大気浮遊じんを採取したろ紙を回収し、放射性核種濃度の精密分析を行う。ダストサンプラを併設している場合には、そのろ紙を回収することでもよい。

施設寄与を弁別するためのフローチャート例を図 3-5 に示す。

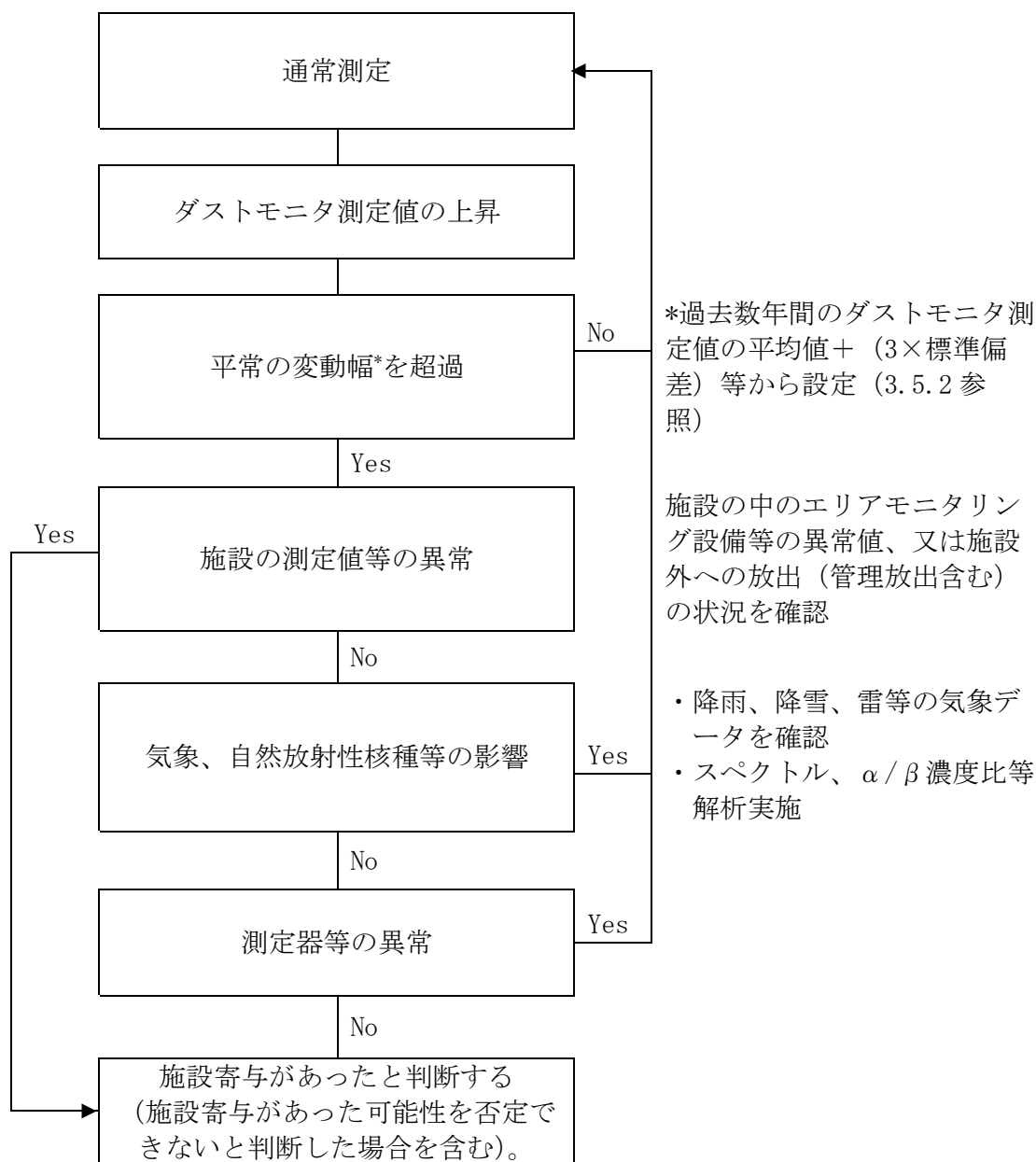


図 3-5 大気中の放射性物質の濃度の連続測定結果における施設寄与 (施設寄与である可能性を否定できない場合を含む) を弁別するためのフローチャート例

3.5.2 平常の変動幅の設定

(1) 平常の変動幅を設定する上での基本事項

- ・過去 3～5 年間程度の 1 時間測定値を使用する。過去 3 年間以上のデータがない場合には、少なくとも過去 1 年間以上の 1 時間測定値を使用する。
- ・使用するデータには、機器異常等の異常値を含まないこと。
- ・平常の変動幅を超過した測定値が観測された場合、担当者にリアルタイムで通報されるよう警報レベルを設定しておくといよい。

(2) 全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度の平常の変動幅

過去数年間の全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度の 1 時間測定値の平均値 + (3×標準偏差) 等から、平常の変動幅を設定する。

ダストモニタの測定値は、図 3-6 のように、大気中のラドン・トロン濃度や積雪等の自然

要因により、季節変動が見られることが多い。また、集じんからの経過時間に応じて測定値のばらつきも変動する。そのため、測定値の頻度分布は図 3-7 のような対数正規分布となる。対数正規分布を取る場合には、算術平均値ではなく、幾何平均値を用いて平常の変動幅を設定することがよい。

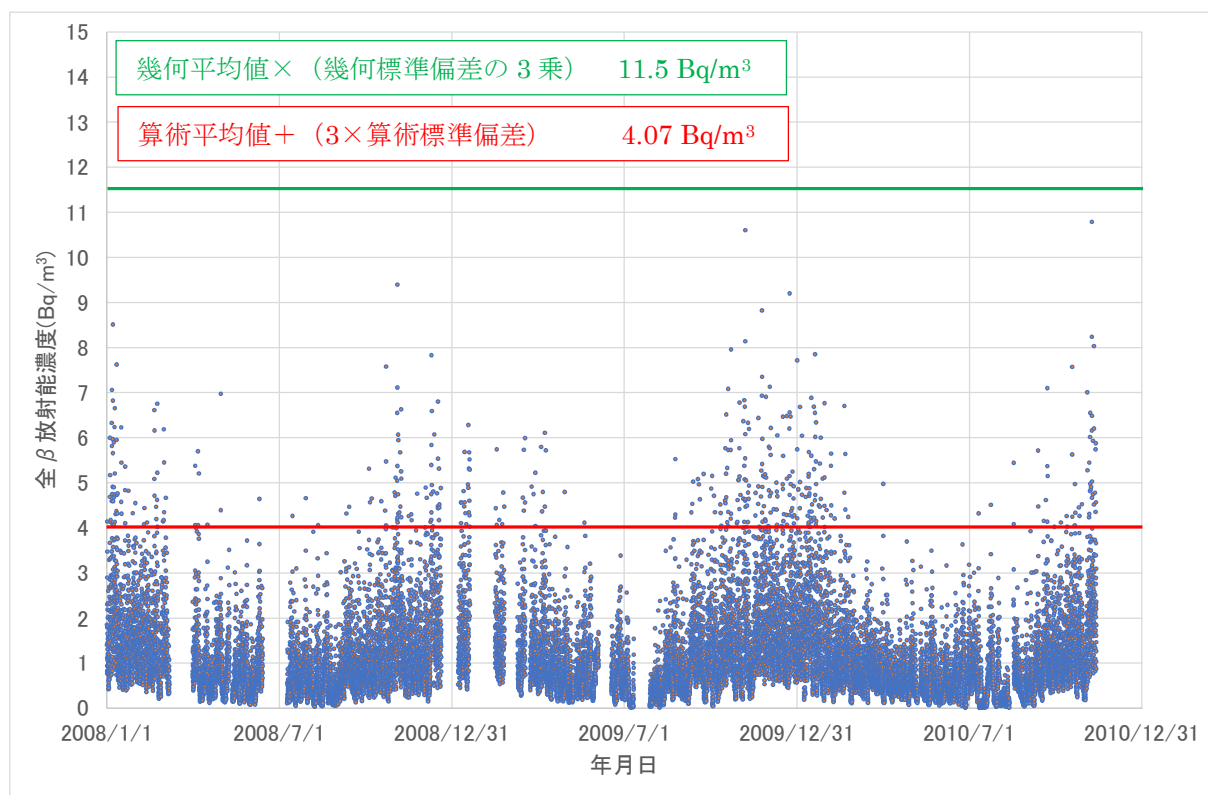


図 3-6 全β放射能濃度測定値の経時変化例

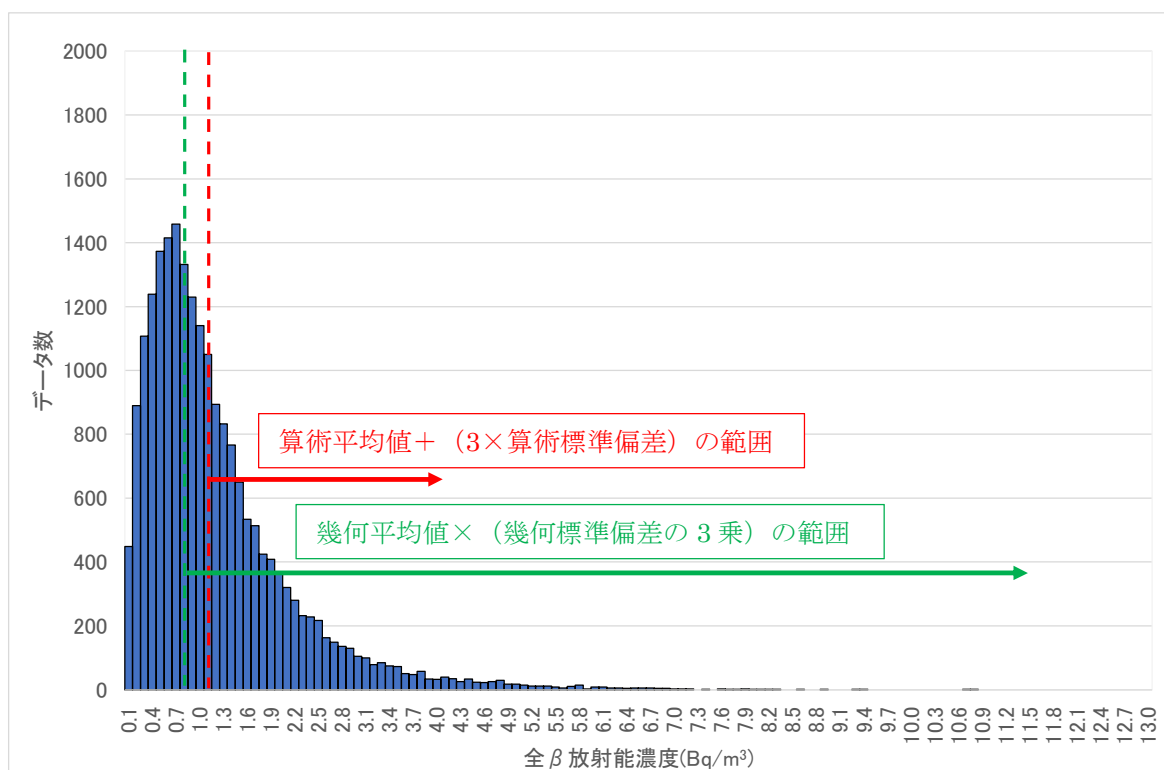


図 3-7 ダストモニタ測定値の頻度分布図

自然変動によりダストモニタの測定値が高くなる時期に、平常の変動幅を超過する頻度が多くなる場合には、過去数年間の全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度の最大値を使用すること、後述する β/α 比による判断基準を合わせて設けること、ろ紙送りからの経過時間ごと又は季節ごとの平常の変動幅を設定すること等による評価を行うとよい。

ただし、過去数年間の最大値を使用する場合は平常の変動幅としては大きくなり、判断基準としては緩くなることに留意が必要である。

(3)人工放射性核種寄与分の評価

原子力施設起因の人工放射性核種による寄与を評価する場合には、原子力施設からの影響のない過去数年間の1時間測定値について、人工放射性核種寄与分の弁別評価を行い、弁別レベルを確認しておく。

α 線・ β 線ダストモニタを使用した場合の、 β/α 比（全 β 放射能濃度を全 α 放射能濃度で除した比）を用いた人工放射性核種寄与分の弁別評価方法を以下に示すが、これに限定するものではない。 β/α 比を用いた評価方法以外の人工放射性核種寄与分の弁別評価方法については解説Fを参照すること。

β/α 比を用いた評価例

	設定方法	参照
1	過去数年間の1時間測定値の β/α 比の平均値を算出し、基準 β/α 比を設定する。なお、基準 β/α 比は、全 α 及び全 β 放射能の相関の傾きから求めてもよい。	図 3-8
2	全 α 放射能濃度の1時間測定値と基準 β/α 比の積から、自然全 β 放射能推定値を算出する。全 β 放射能の1時間測定値から自然全 β 放射能推定値を差し引き、人工全 β 放射能推定値を算出する。 <u>評価式</u> 自然全 β 放射能推定値 = 全 α 放射能測定値 × 基準 β/α 比 人工全 β 放射能推定値 = 全 β 放射能測定値 - 自然全 β 放射能推定値	—
3	過去数年間の人工全 β 放射能推定値の最大値を弁別レベルとする。 β/α 比を用いた評価の弁別レベル： 0.78 Bq/m ³	図 3-9

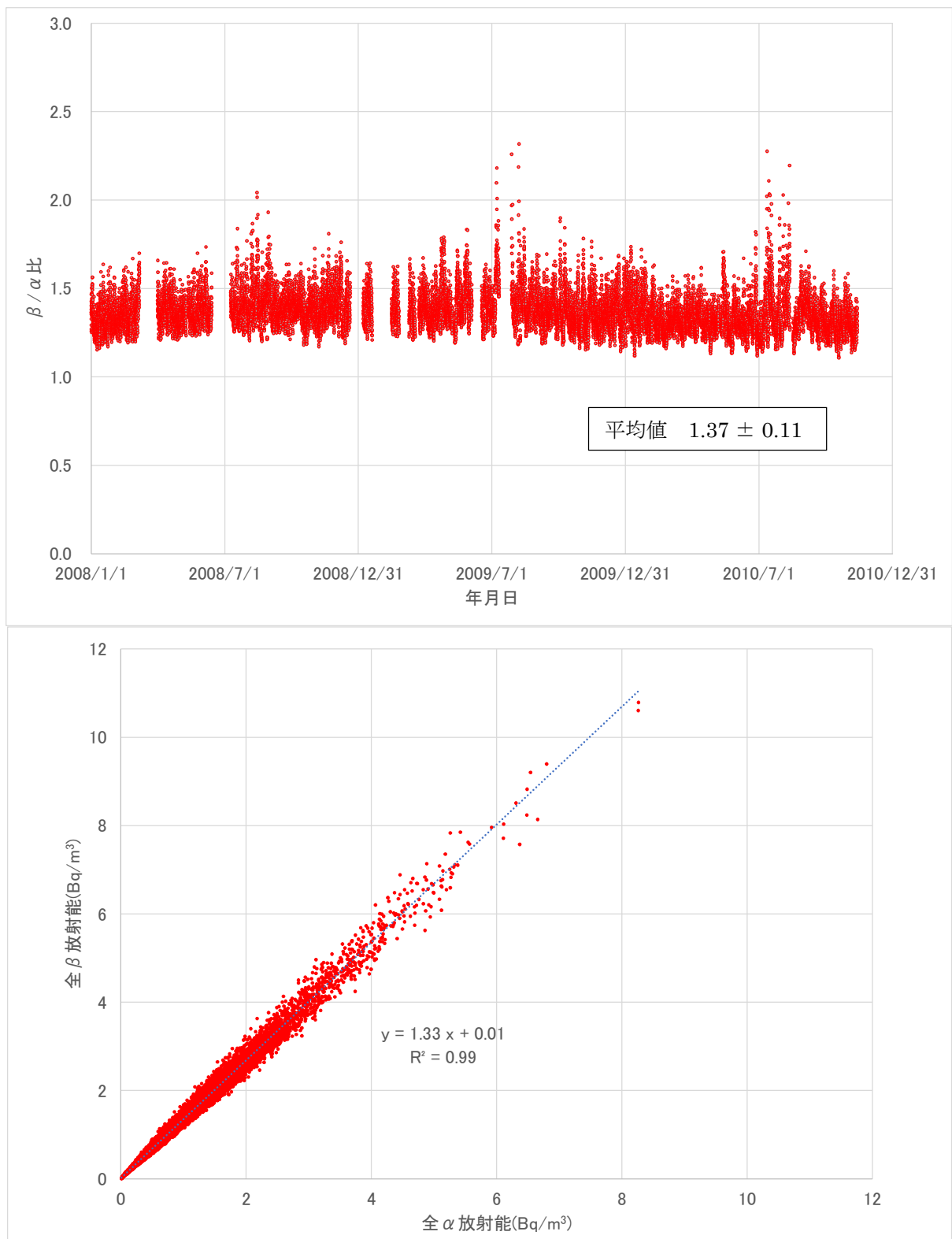


図 3-8 β/α 比の平均値の評価例
 (上：平均値による評価例、下：相関の傾きによる評価例)

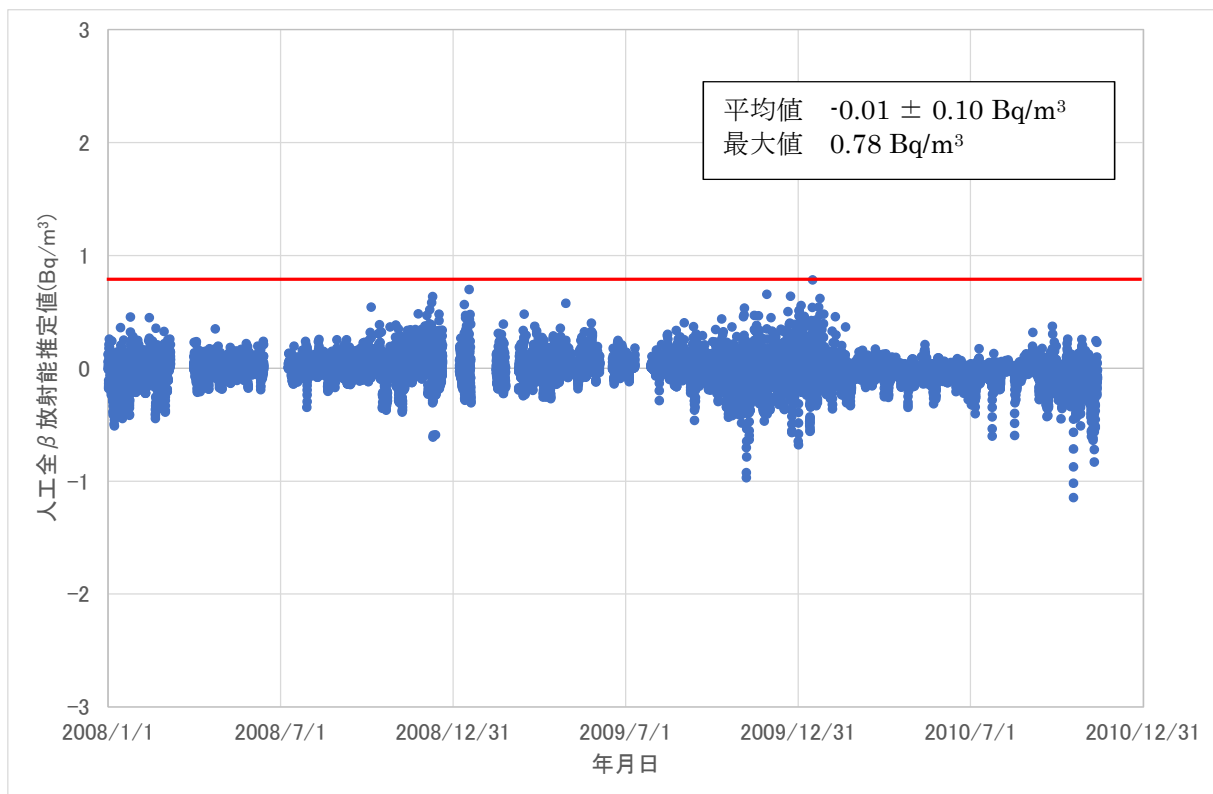


図 3-9 人工全β放射能推定値の評価例

3.5.3 平常の変動幅を超過した場合等の対応

1 時間測定値が平常の変動幅を超過した場合、以下の①～③の異常や影響の有無を確認する。

① 施設の測定値等の異常

- ・原子力施設の運転状況の変化

② 気象、自然放射性核種等の影響

- ・強風時の土壌の舞い上がりや黄砂等の自然現象による大気浮遊じん量の増加
- ・工場等の操業による大気浮遊じん量の増加
- ・冬季における大陸からの影響

③ 測定器等の異常

- ・測定器の故障

3.5.4 施設寄与があったと判断した場合の対応

施設寄与があったと判断した場合、周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価のため、ダストモニタのろ紙を回収し、放射性核種の定量のための精密分析を行う。ダストサンプラを併設していれば、そのろ紙を回収することでもよい、平常時補足参考資料に記載されている原子力施設に応じた精密分析のための測定対象を表 3-13 に示す。

精密分析の手順については第 5 章に示す。

表 3-13 施設寄与があったと判断した場合の精密分析のための測定対象

原子力施設	測定対象
発電用原子炉施設	γ線放出核種
試験研究用等原子炉施設	γ線放出核種
ウラン加工施設	U-235、U-238
プルトニウムを取り扱う加工施設	Pu-238、Pu-239+240
再処理施設	γ線放出核種、Pu-238、Pu-239+240

第4章 ダストサンプラ等による大気試料の採取

4.1 機器

大気試料の採取には、ダストサンプラ又はヨウ素サンプラが用いられている。ダストサンプラにはロウボリウムエアサンプラとハイボリウムエアサンプラがあり、その違いは、吸引量によるもので、構成に差は無い。ダストサンプラの機器構成を(1)に、各サンプラの特徴を(2)及び(3)に示す。第3章で記載したダストモニタも、ダストサンプラとして使用することが可能である。

大気試料の採取時の流量は、ろ紙の集じん時間と要求される検出下限濃度等との関係で決められるが、大気浮遊じんのみを対象とする場合は100～250 L/minの範囲、ヨウ素を対象とする場合は約50 L/minが適している。

(1)ダストサンプラの機器構成

ダストサンプラは、図4-1に示すように分粒装置、ろ過材保持具、流量制御部及び吸引ポンプで構成される。各部の機能については、①～④に示す。

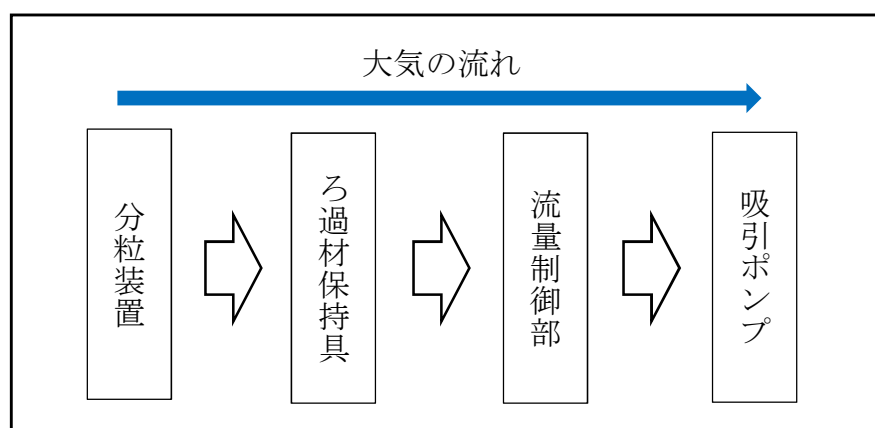


図4-1 ダストサンプラの構成

①分粒装置（粒径選別部）

分粒装置は、空気中の浮遊じんから、必要とする粒径の大気浮遊じんを分離する装置で、分粒方式によって、重力沈降形（多段平行板式分粒装置）、慣性衝突形（慣性衝突式分粒装置）及び遠心沈降形（サイクロン式分粒装置）の3種類がある。環境放射能調査では大気浮遊じんの粒径選別を行わないため、原則として分粒装置を使用することはないが、大気浮遊じんの粒径別に放射能濃度を求める場合等には使用することができる。

②ろ過材保持具（捕集材（ろ紙）取付け部）

ろ過材保持具は、ろ過材（ろ紙等のような粒子状物質をろ過捕集するもの。本測定法では大気捕集材という。）を容易に交換でき、かつ、ろ過材の破損及び空気漏れを生じないような構造となっている。

③流量制御部（吸引量調整部）

流量制御部は、気温及び大気圧を基に、分粒装置を通過する実流量を所定の流量に制御する構造となっている。実流量の制御方法は、使用する流量計によって異なる（実流量を補正する方法については、JIS Z 8814「ロウボリウム エアサンプラ」付属書Aを参照のこと）。

流量計は、面積式、差圧式、容積式及び質量式が広く使用されている。

④吸引ポンプ

吸引ポンプは、大気捕集材を通して所定の流量で大気を吸引するものであり、リニアモータ駆動型、ロータリー型、ダイヤフラム型等がある。ロータリー型ポンプは流量が大きく変動も少ない。ダイヤフラム型やピストン型は流量も変動も中程度で、ターボ型は流量も変動も大きい。ろ紙等の圧力損失の変化に伴う流量の変動は、ポンプの種類に依存する。

(2) ローボリウムエアサンプラ

連続集じんを目的にしており、数日～1週間程度の使用に耐えられる。吸引量は20～100 L/min程度で、ろ紙ホルダーには、直径5 cm程度のろ紙を取り付けるほか、ヨウ素捕集用の活性炭カートリッジ等を装着する。

ローボリウムエアサンプラの機器仕様例を表4-1に示す。

表4-1 ローボリウムエアサンプラの機器仕様例

項目	タイプA	タイプB	タイプC	タイプD
定格吸引量	40 L/min 以上	50 L/min 以上	120 L/min 以上	20～120 L/min
流量可変範囲	30～50 L/min	50 L/min		20～120 L/min
対応している大気捕集材	セルロース・ガラス繊維ろ紙 60mmφ (活性炭ろ紙、活性炭カートリッジ 装着可)	セルロース・ガラス繊維ろ紙 60 mmφ (活性炭ろ紙、活性炭カートリッジ 装着可)	セルロース・ガラス繊維ろ紙 (φ105～φ110 mm)	セルロース・ガラス繊維ろ紙 60 mmφ (活性炭ろ紙、活性炭カートリッジ 装着可)
測定情報	流量、積算流量			
可搬性	あり			
重量	約 5.8 kg	約 15 kg	約 3 kg	約 8 kg
形状寸法 W×D×H(mm)	150×205×177	260×260×1000	200×162×262	190×323×285
電源	AC100V 1.5 A	AC100V 300 VA	バッテリー DC7.4 V 3200 mA	AC100 V
その他	タイマー：99分 又は99時間	—	連続60分以上稼働	連続運転1週間程度

(3) ハイボリウムエアサンプラ

短時間に多量の大気を吸引して大気浮遊じんを捕集するため、長時間にわたる連続集じんには適していない。吸引量は200～2000 L/min程度で、ろ紙は直径10 cm程度又は8インチ(203 mm)×10インチ(253 mm)角程度の大型ろ紙を装着する。

可搬型のものと、固定された大型のものがある。

ハイボリウムエアサンプラの機器仕様例を表4-2に示す。

表 4-2 ハイボリウムエアサンプラの機器仕様例

項目	タイプ A	タイプ B	タイプ C
定格吸引量	1000 L/min	500 L/min	650 L/min
流量可変範囲	100 ~ 1200 L/min	100 ~ 800 L/min	
対応している 大気捕集材	シリカろ紙 8 × 10 inch	ガラス繊維ろ紙 φ 110 mm	セルロース・ ガラス繊維ろ紙 φ 105、φ 110 mm
測定情報	流量、積算流量	流量、積算流量	流量、積算流量
重量	約 31 kg	約 8 kg	約 4 kg
形状寸法 W×D×H(mm)	575×575×1420	425×200×270	165×169×165
電源	AC100 V 10 A	AC100 V 10 A	AC100 V 580 W
その他			

4.2 大気捕集材

JIS Z 4601「放射性ダストサンプラ」においてろ紙の性能は、「捕集効率は、粒径 $0.3 \mu\text{m}$ の粒子に対し 95%以上のものである」と記載されているが、実際に使用されているろ紙は、粒径 $0.1 \mu\text{m}$ の粒子に対し捕集効率 99%以上となっている。

大気浮遊じん捕集用のろ紙は、セルロース・ガラス繊維ろ紙等があり、ガス状の放射性ヨウ素捕集用には、活性炭ろ紙、活性炭カートリッジが用いられ、それらは目的によって使い分ける。

(1) ロウボリウムエアサンプラ用の大気捕集材

① セルロース・ガラス繊維ろ紙

セルロース繊維と微細ガラス繊維から成るろ紙で、補強するために布の裏打ち、撥水処理を行っている。

JIS Z 4601「放射性ダストサンプラ」に規定のろ紙に適合している。

② ガラス繊維ろ紙

エアサンプラ用のろ紙で、極微細なホウ珪酸塩ガラス繊維で作られ、吸湿性が小さい。また、大気中の浮遊粒子状物質の捕集効率が高いことが特徴である。

(2) ハイボリウムエアサンプラ用の大気捕集材

① セルロース・ガラスろ繊維ろ紙

(1) ①と同等品で、円形(105 mm ϕ)と角型(8 インチ×10 インチ)がある。

② ガラス繊維ろ紙

(1) ②と同等品で、角型(8 インチ×10 インチ)である。

(3) ダストモニタ用ろ紙

① セルロース・ガラス繊維ろ紙

(1) ①及び(2) ①と同等品で、連続捕集用として幅 75 mm 又は 78 mm、長さ 90 m までのロール状の長尺ろ紙がある。

(1)～(3)の各種ろ紙の捕集効率等を表 4-3 に示す。

表 4-3 ろ紙の捕集効率等の例

ろ紙の材質	セルロース・ガラス繊維			ガラス繊維	活性炭	
	重量(g/m ²)	145			120	95
厚さ(mm)	0.41			0.40	0.38	2.5
圧力損失(kPa)	0.27			0.32	0.30	0.15
はっ水度(kPa)	4.9			4.9		
通気速度(cm/s)	55	80	135	20		
捕集効率(%)	99.7* ¹	99.8* ¹	99.9* ¹	99* ²	99.99* ³	38.0* ⁴

圧力損失：空気がろ紙を通過する際の上流側（通過前）と下流側（通過後）の差圧
 測定方法については JIS K 0901「気体中のダスト試料捕集用ろ過材の形状、寸法並びに性能試験方法」を参照
 通気速度 5 cm/s の時の値(活性炭ろ紙以外)、通気速度 1 m/min の時の値(活性炭ろ紙)

はっ水度：水が通過するのに必要な圧力

通気速度：空気が通過する速度

*1 捕集効率：0.31 μm ポリスチレンラテックス粒子を 55～135 cm/s の通気速度で濾過した時、上流、下流の粒子濃度より測定

*2 捕集効率：0.3 μm ポリアルファオレフィン粒子を 20 cm/s の通気速度で濾過時、上流、下流の粒子濃度より測定

*3 捕集効率：0.3 μm フタル酸ジオクチル粒子を 5 cm/s の通気速度で濾過した時の値

*4 捕集効率：TEDA10%添着品を用い、JIS Z 4336〔放射性ヨウ素サンブラ〕附属書〔ヨウ素捕集用ろ材〕に規定の、ヨウ素捕集効率試験方法に準じ測定した値

4.3 設置、点検

ダストサンプラの屋外への設置及び点検方法について記載する。屋内への設置方法についてはダストモニタと共通であるため、第3章 3.3を参照すること。

4.3.1 設置

ダストサンプラの設置場所は、周辺に立木や建造物がなく、また特定施設の影響を強く受けない平坦地（公園や駐車場の中央等）を選ぶ。また、電源の確保や保守点検が容易であること等も考慮して設置場所を選択する。適当な場所がない場合は、建造物の平らな屋上に設置してもよい。

装置の設置に当たっては、内部被ばく線量を評価するため、吸引口の位置が地上1 m程度の高さになるよう設置する。地表からの舞い上がりの影響や積雪の影響がある場合には、1 mよりも高くしてもよい。降雨、降雪を取りこまないよう雨よけを付けるとともに転倒防止措置を講じる。また、複数のダストサンプラを同時併用する場合は、互いに排気が影響しない配置とし、電源に可搬型発電機を使用する場合は、その排気を吸引しないように配慮する。

4.3.2 点検

ダストサンプラの性能の維持管理のため定期的な日常点検及び年1回程度の校正を行う必要がある。適切な維持・管理のためには、点検、校正を専門機関又はメーカーに依頼する。

日常点検項目及び定期点検項目を示す。詳細な点検方法については、ダストサンプラの取扱説明書を参照する。

	日常点検項目
(1) 外観の確認	・強い衝撃が加えられたような痕跡がないこと
	・汚れ（粉じんの堆積等）がないこと
	・ネジや部品の欠落、破損がないこと
(2) 動作の確認	・操作パネルの表示及びその動作に異常がないこと
	・ろ紙を取り付けた際に漏れがないこと
	・流量の設定及びスタート・ストップの動作が正常に行えること。
	・停電復帰機能及びその記録が正常に行えること
(3) 温度・大気圧・流量の確認	・表示温度が基準温度計の表示基準範囲内にあること。
	・表示大気圧が基準大気圧計の表示基準範囲内にあること。
	・表示流量（設定流量）が表示基準範囲内にあること。

メーカー等が行う主な定期点検項目を示す。

		定期点検項目
(1) 外観検査		サンプラ、ポンプ、記録計、ケーブル、コネクタ類
(2) 単体動作、性能検査	サンプラ	<ul style="list-style-type: none"> ・制御動作の確認 ・警報動作の確認 ・集じん部のリーク試験 ・流量指示精度（最大流量確認）
	ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・動作確認（発熱、異音、振動、異臭等） ・摩耗品の定期的交換
	記録計	<ul style="list-style-type: none"> ・指示精度

4.4 採取

4.4.1 採取方法

手順	
1	ダストサンプラの動作試験を行い、性能を確認したのち所定のろ紙を装着する。
2	集じんを開始し、その時刻と開始直後の流量計の値を読み取り、記録する。
3	集じ人中、適当な時間間隔で流量計の値を読み取り、次式により全吸引量 (V_t) ^注 を求める。 $V_t = V_1 t_1 + V_2 t_2 + \dots + V_n t_n \quad (\text{L})$ $V_1 \sim V_n : \text{流量計の値 (L/min)}$ $t_1 \sim t_n : \text{読み取った流量に対応する時間 (min)}$
4	集じん終了直前の流量計の値を読み取り、終了時刻を記録する。 なお、積算流量計の付属しているダストサンプラでは積算流量の値を読み取る。
5	吸引が終了したろ紙は、捕集した大気浮遊じんを落とさないように所定の保存容器に収める。

注：集じ人中の大気の吸引量は、大気中浮遊じんの量の多少によって大きく変わる。
捕集時間は捕集によるろ紙の目詰まりによって、流量が吸引初期の値の90%以下に低下しない範囲とする。

4.4.2 採取条件の設定

大気の吸引量は、 γ 線スペクトロメトリー及び放射化学分析等の目的に応じて決められる。
通常、直径約5 cmの円形ろ紙を装着したロウポリウムエアサンプラを用いた場合は、50～100 L/min程度で一週間連続集じんを行う。円形又は長方形の大型ろ紙を装着したハイポリウムエアサンプラを用いた場合は、200～1000 L/minで数時間から最大24時間集じんしたものが測定対象試料となる。

4.4.3 試料に関する記録

試料採取時の記録事項を表 4-4 に示す。

表 4-4 試料採取時の記録事項

項目	記録事項
(1) 採取機関名	
(2) 採取者名	
(3) 試料番号	
(4) 採取日時	開始時刻～終了時刻
(5) 採取場所 (緯度、経度)	設置場所及び周辺の状況、吸引口の高さ (緯度、経度)
(6) 採取状況	採取期間の天候等
(7) 採取方法	使用機器、ろ紙の種類と大きさ、枚数等
(8) 吸引流量	開始時 L/min 終了時 L/min
(9) 吸引量	積算流量 L、吸引時間 min
(10) 処理状況	
(11) 処理者名	
(12) 輸送状況	輸送方法、試料の形態及び試料量等
(13) その他参考事項	

4.4.4 試料の輸送

大気浮遊じんを捕集したろ紙は、集じん面を内側に折りたたんでポリエチレン製袋に入れ、テープ等でシールして輸送する。輸送に当たっては採取記録票の写しを添付する。

第 5 章 ダストサンプラ等により採取した大気試料の分析

5.1 前処理

ダストサンプラ等から回収したろ紙の分析方法は、 γ 線スペクトロメトリーによる γ 線放出核種の分析と、放射化学分析による α 線放出核種及び β 線放出核種の分析に大別される。

(1) γ 線スペクトロメトリーを実施する場合

ろ紙を測定容器へそのまま充填する方法、切り抜いて充填する方法、灰化して充填する方法がある。

標準線源の作成が容易で、できるだけ高い計数効率を得られることと、再現性が良いこと等を考慮して、ろ紙の形により円形小型、長方形大型、円形大型及び長尺ろ紙の 4 種類に分類し、それぞれの場合について示す。

吸引量は、ろ紙の全面積と利用面積の比で補正する。

ろ紙の種類によっては、放射性物質が含まれていることがあるので、同一ロットのろ紙を用いてブランク試験を行い、放射性物質が含まれている場合には補正する必要がある。

(A) 円形小型ろ紙の場合

①そのまま充填する方法

手順	
1	捕集した大気浮遊じんを落さないように注意して、ろ紙より少し大きい直径のプラスチック容器（測定容器）に入れる。
2	プラスチックの円板等で押し込んで一定体積になるようにして蓋をする。（図 5-1）
3	ポリエチレンフィルムで包み測定試料とする。

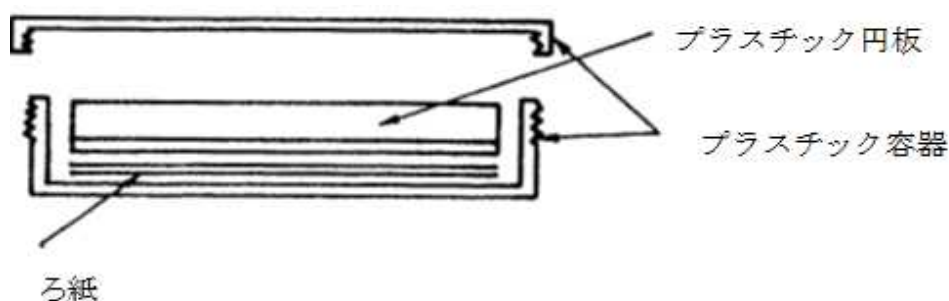


図 5-1 プラスチック容器へのろ紙試料の充填例

放射能測定法シリーズ No. 16

(B) 長方形大型ろ紙の場合

①折りたたむ方法

手順	
1	集じん面が変色しているので、捕集した大気浮遊じんが落ちないように注意してこの変色した部分をはさみで切り取る。 注：使用したはさみを別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。
2	集じん面を内側にして、一定寸法になるように折りたたみポリエチレンフィルムで包みシールして測定試料とする。

②円形に打ち抜く方法

手順	
1	<p>集じん面をいくつかの円形に打ち抜く（図 5-2 参照）</p> <p>*打ち抜く円の径は、プラスチック容器（測定容器）の大きさと標準線源の大きさを考慮して決める。</p> <p>打ち抜く際は、木、又は鉛の台上で、コルクローラーあるいはステンレス鋼製放射能測定皿を用いて打ち抜くとよい。打ち抜いたろ紙を取り外す時には、試料がこぼれ落ちないように注意する。このため、あらかじめプラスチック製薄膜でろ紙の表面をおおい、薄膜ごと打ち抜くと試料の飛散がなくてよい。</p>
2	打ち抜いたろ紙は(A)の場合と同様にプラスチック容器（測定容器）に詰めて測定試料とする。

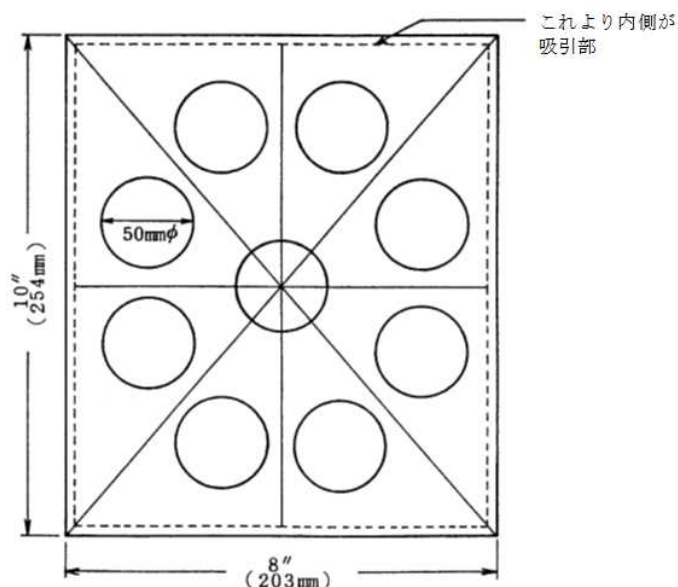


図 5-2 ろ紙の打ち抜き例

放射能測定法シリーズ No. 16

③灰化

手順	
1	<p>大気浮遊じんを捕集したろ紙(セルロース・ガラス繊維ろ紙等)は、集じん面を内側に折りたたむか、はさみ等で細断して磁製蒸発皿に入れる。</p> <p>注：使用したはさみ等を別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。</p>
2	電気炉に入れ、500℃*で4～5時間灰化する。
3	放冷後、灰試料を、絵筆等を用いてプラスチック容器（測定容器）に移す。

*核種によっては揮発してしまうため、適用できない。また、適用可能な核種であっても、異常昇温等によって、電気炉が設定した以上に高温になると放射性核種が揮散する可能性があるため、注意が必要である。

(C) 円形大型ろ紙の場合

①円形に打ち抜く方法

手順	
1	ろ紙の吸引部分が明瞭に区別できるように、サンプルにろ紙をつけたまま鉛筆等で枠を書いた後、ろ紙を外す。
2	吸引部分のろ紙から直径 5 cm 以下の円形のもの 1 枚、又は、図 5-3 に示すように小さい円形のを数枚打ち抜く。
3	プラスチック容器（測定容器）に重ねて入れるか、ポリエチレンフィルムで包みシールして測定試料とする。
4	活性炭ろ紙の場合は打ち抜きが難しいので、コンパス等で円を書いた後、はさみで切り抜く。 注：使用したコンパス、はさみ等を別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。

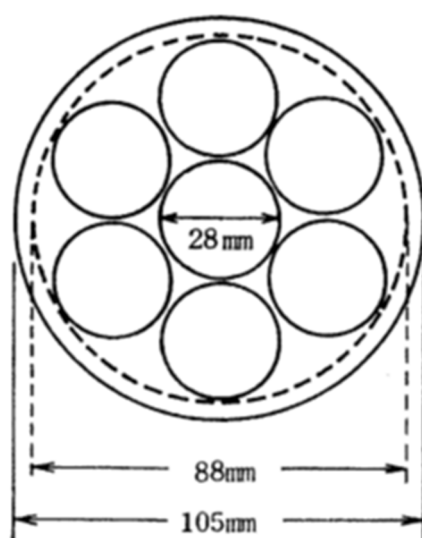


図 5-3 円形ろ紙の打ち抜き例

放射能測定法シリーズ No. 16

②灰化

手順	
1	大気浮遊じんを捕集したろ紙（セルロース・ガラス繊維ろ紙等）は、集じん面を内側にして折りたたむか、はさみ等で細断して磁製蒸発皿に入れる。 注：使用したはさみ等を別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。
2	電気炉に入れ、500℃*で 4～5 時間灰化する。
3	放冷後、灰試料を、絵筆等を用いて測定容器に移す。

*核種によっては揮発してしまうため、適用できない。また、適用可能な核種であっても、異常昇温等によって、電気炉が設定した以上に高温になると放射性核種が揮散する可能性があるため、注意が必要である。

(D) 長尺ろ紙の場合

①折りたたむ方法

手順	
1	回収したろ紙を、大気浮遊じんが付着していない部分で適当な大きさに切り取る。
2	集じん面を内側にし、測定容器に入る大きさに折りたたみポリエチレンフィルムで包み、シールして測定試料とする。

②打ち抜く方法

手順	
1	ろ紙を回収後、集じん面をはさみ等で切り抜くか、専用の器具等で打ち抜く。切り抜き又は打ち抜く際に、測定容器の径に合わせることで、充填しやすくなる。 注：使用したはさみ等を別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。
2	打ち抜いた（切り取った）ろ紙は、浮遊じんの付いた面を下にして、プラスチック容器（測定容器）に重ねて入れるか、ポリエチレンフィルムで包みシールして測定試料とする。

③灰化

手順	
1	大気浮遊じんを捕集したろ紙（セルロース・ガラス繊維ろ紙等）は、巻き取った状態か、集じん面を内側にして折りたたむか、はさみ等で細断して磁製蒸発皿に入れる。 注：使用したはさみ等を別の試料の切断に使う場合には十分洗浄する。
2	電気炉に入れ、500℃*で4～5時間灰化する。
3	放冷後、灰試料を、絵筆等を用いて測定容器に移す。

*メンブレンフィルター等の灰化ができないろ紙もあるので注意が必要である。

核種によっては揮発してしまうため、適用できない。また、適用可能な核種であっても、異常昇温等によって、電気炉が設定した以上に高温になると放射性核種が揮散する可能性があるため、注意が必要である。

(2)放射化学分析を実施する場合

放射化学分析により、ウラン分析又はプルトニウム分析するための前処理を行う。

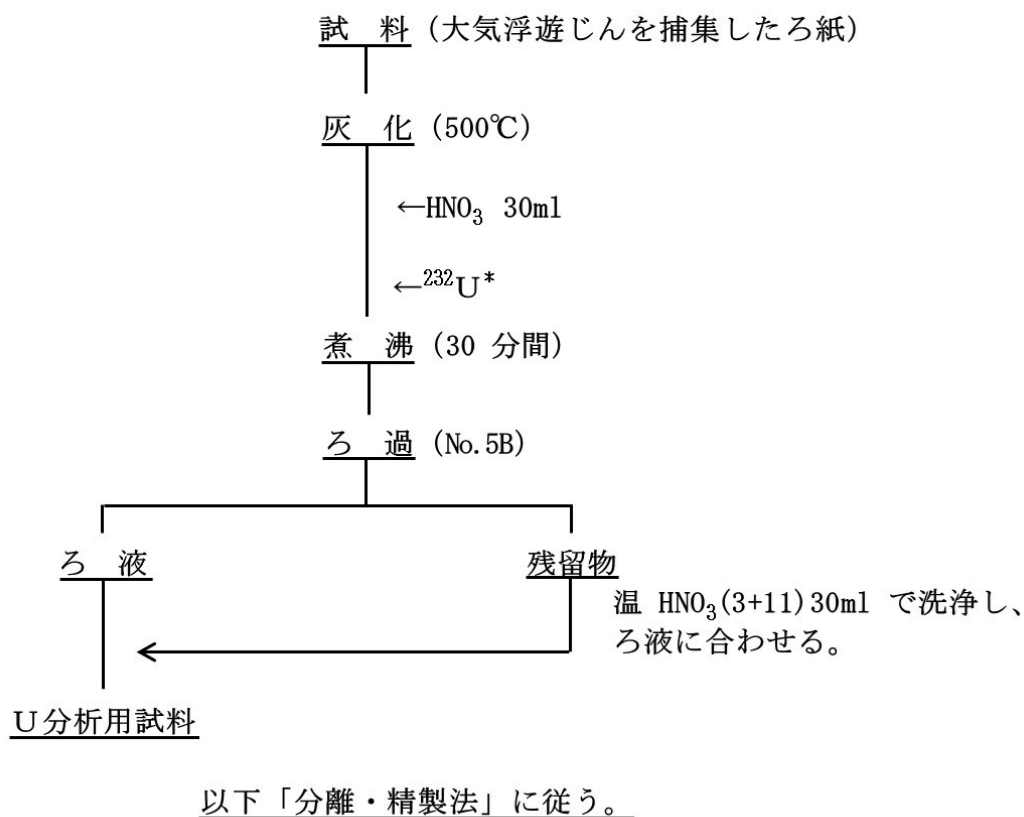
① ウラン分析

セルロース・ガラス繊維ろ紙の場合、5.1の方法に準じて灰化する。

捕集した大気浮遊じんは、ろ紙ごと電気炉に入れ、500℃で3時間以上灰化する。

ろ紙の種類によっては、ウランが含まれていることがあるので、同一ロットのろ紙を用いてblank値を求め、補正する必要がある。

1.4 大気浮遊じん



* α線スペクトロメトリーを行う場合には、²³²U標準溶液(0.02Bq/ml)を 2ml添加する。

図 5-4 ウラン分析のための前処理操作フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 14 「ウラン分析法」

② プルトニウム分析

セルロース・ガラス繊維ろ紙の場合、5.1の方法に準じて灰化する。

捕集した大気浮遊じんはろ紙ごと電気炉に入れ、450℃で24時間灰化する。ウランとプルトニウム両方を分析する場合は、500℃で24時間灰化する。

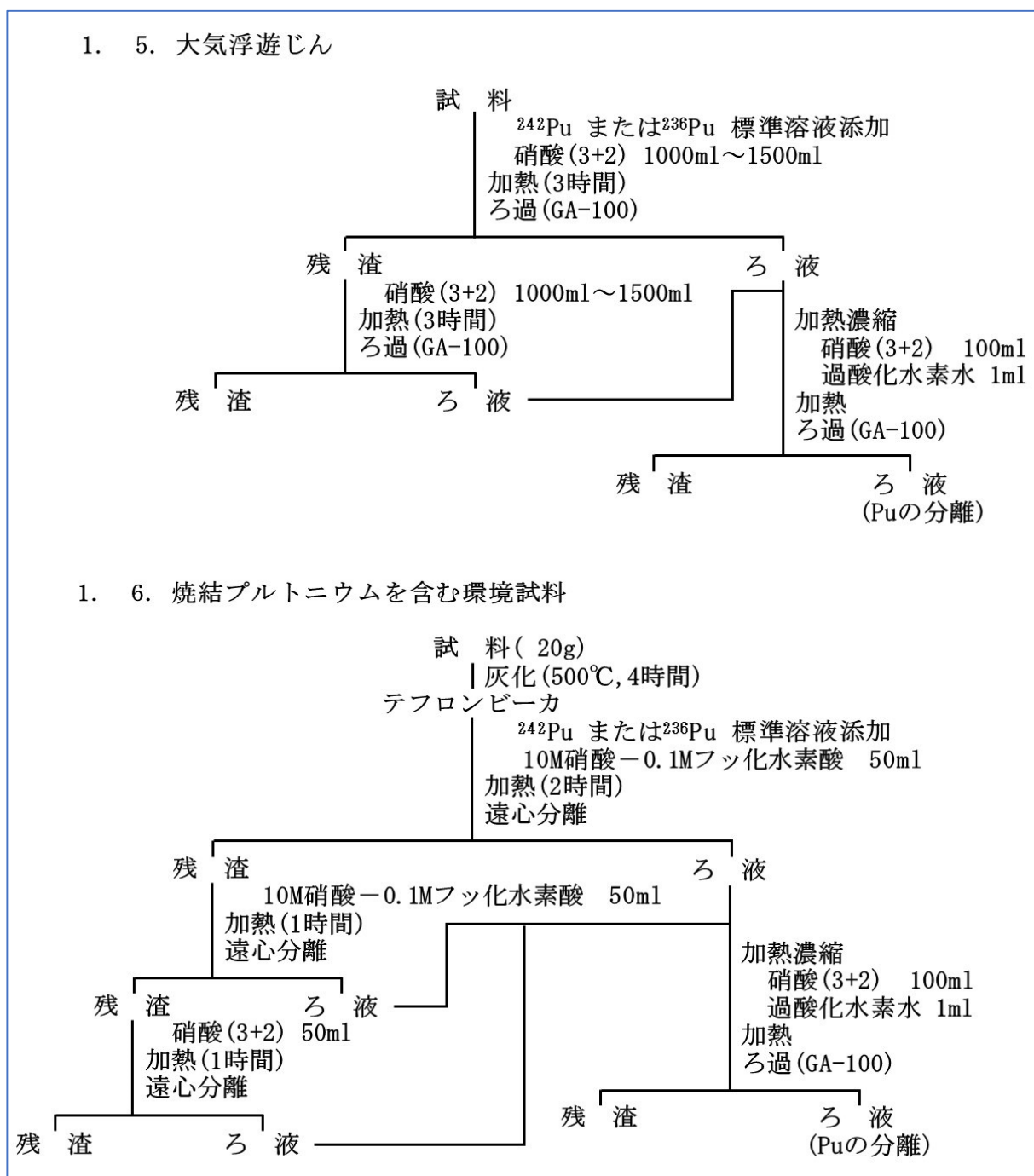


図 5-5 プルトニウム分析のための前処理操作フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 12 「プルトニウム分析法」

5.2 分析

(1) γ 線スペクトロメトリーを実施する場合

5.1で調製した測定試料をゲルマニウム半導体検出器で測定する。

検出可能レベルを解説Bに示す。

詳細な測定手順については、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 γ 線スペクトロメトリー」を参照のこと。

(2) 放射化学分析を実施する場合

① ウラン分析

灰化試料（セルロース・ガラス繊維）に硝酸を加えて加熱浸出し、溶媒抽出、イオン交換分離等によりウランを分離、精製する（図 5-6）。精製した試料中のウランをステンレス鋼板上に電着して α 線計測用試料とし、シリコン半導体検出器による α 線スペクトロメトリーにより定量する（図 5-7）。

他の測定方法として、吸光光度法、蛍光光度法、ICP 質量分析法（図 5-8）がある。

検出可能レベルを解説Bに示す。

詳細な分析手順については、放射能測定法シリーズ 14「ウラン分析法」を参照のこと。

2.2 TBP抽出法（土試料、生物試料、大気浮遊じん）

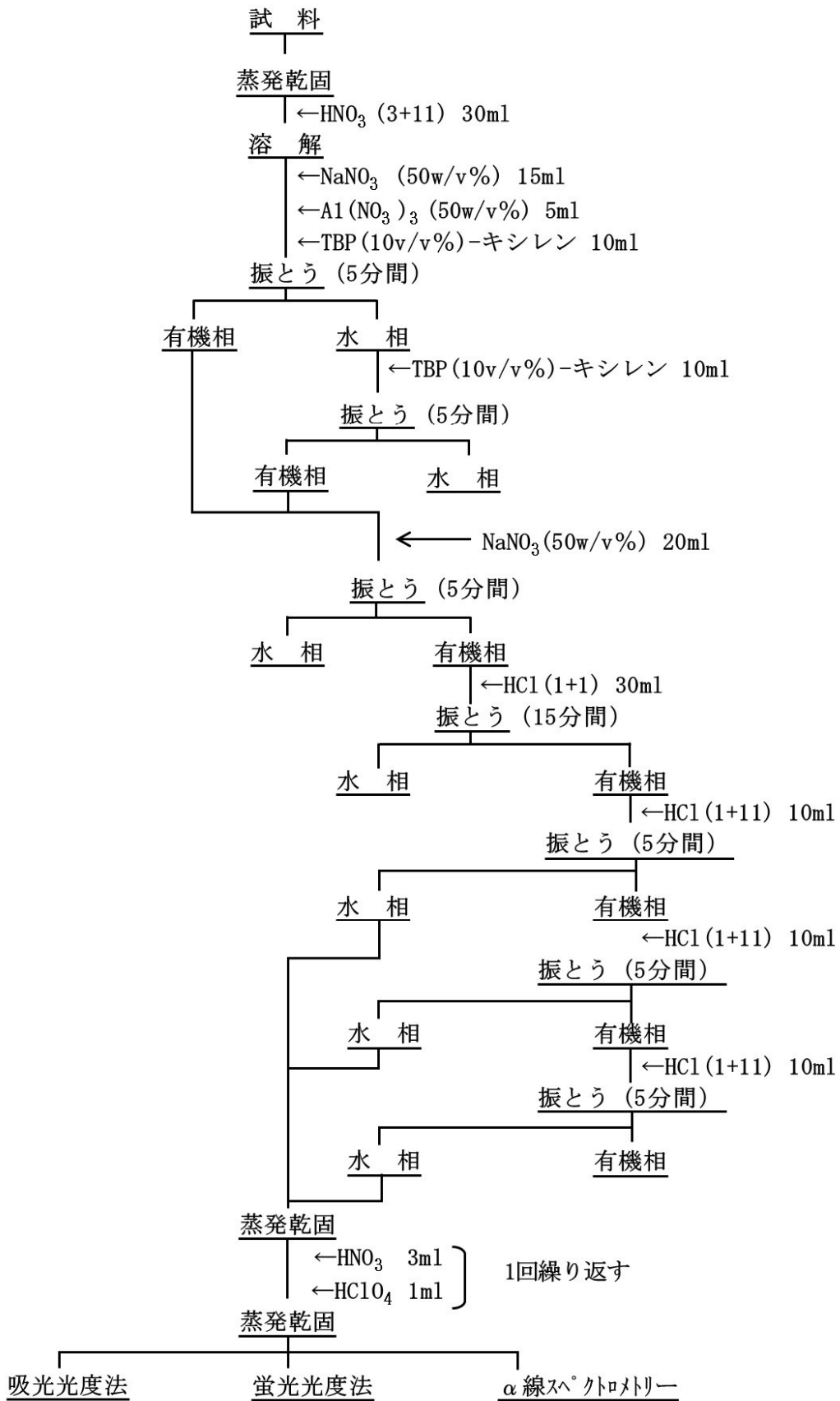
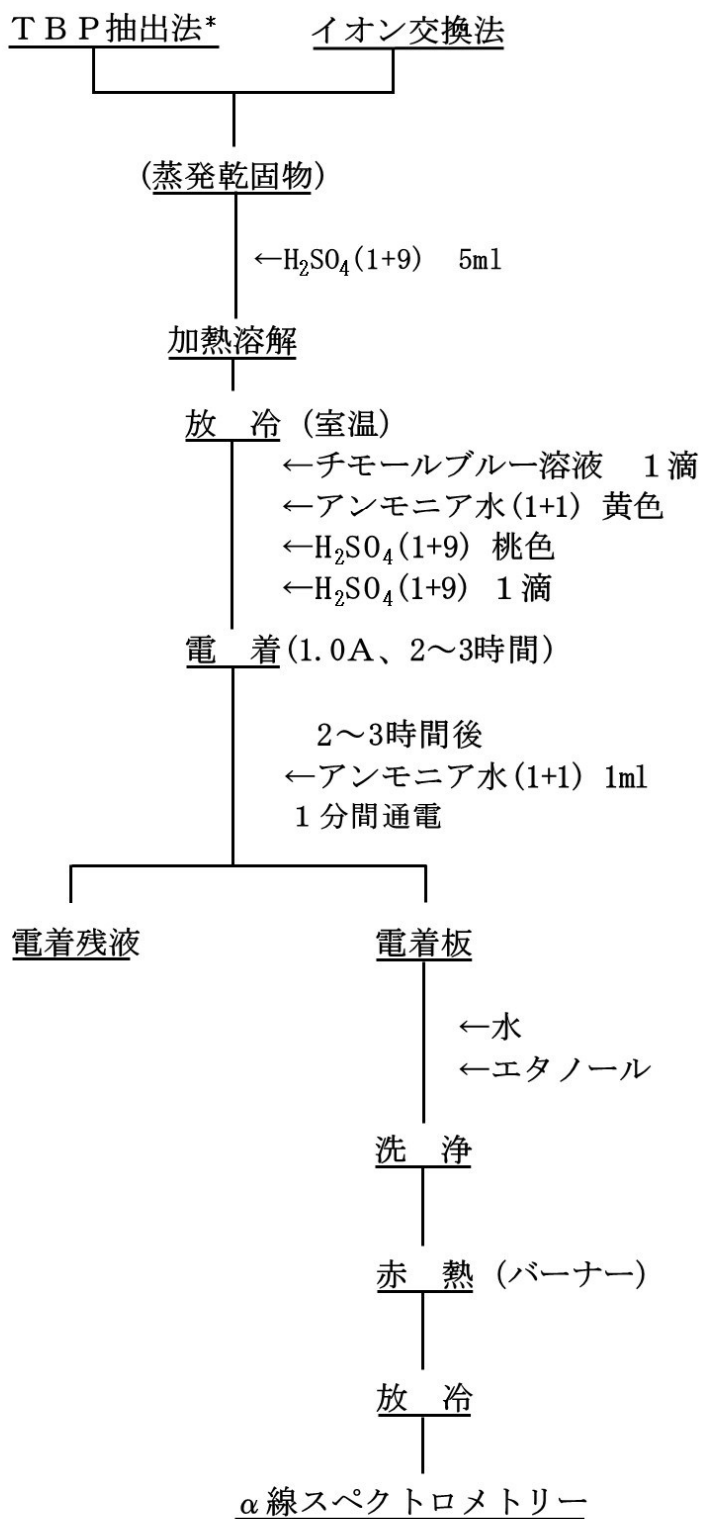


図 5-6 ウラン分析フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 14 「ウラン分析法」

3.3 α 線スペクトロメトリー（電着操作）



* 「キレート樹脂・TBP抽出法」及び「水酸化鉄(III)共沈・TBP抽出法」も含む。

図 5-7 ウラン分析（ α 線スペクトロメトリー）フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 14 「ウラン分析法」

4.4 大気浮遊じん

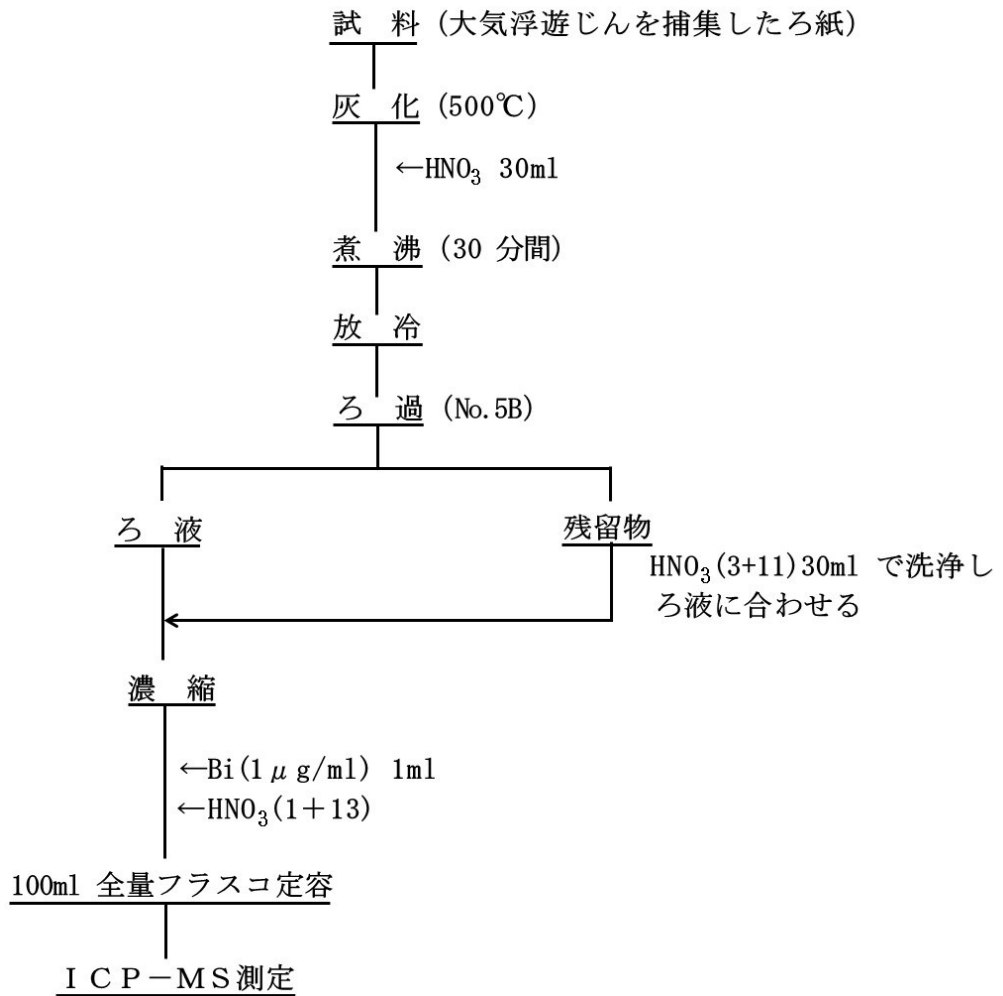


図 5-8 ウラン分析 (ICP-MS 測定) フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 14 「ウラン分析法」

② プルトニウム分析

灰化試料 (セルロース・ガラス繊維) に硝酸を加えて加熱浸出し、溶媒抽出、イオン交換分離等によりプルトニウムを分離、精製する。精製した試料中のプルトニウムをステンレス鋼板上に電着して α 線計測用試料とし、シリコン半導体検出器による α 線スペクトロメトリにより定量する (図 5-9 及び図 5-10)。

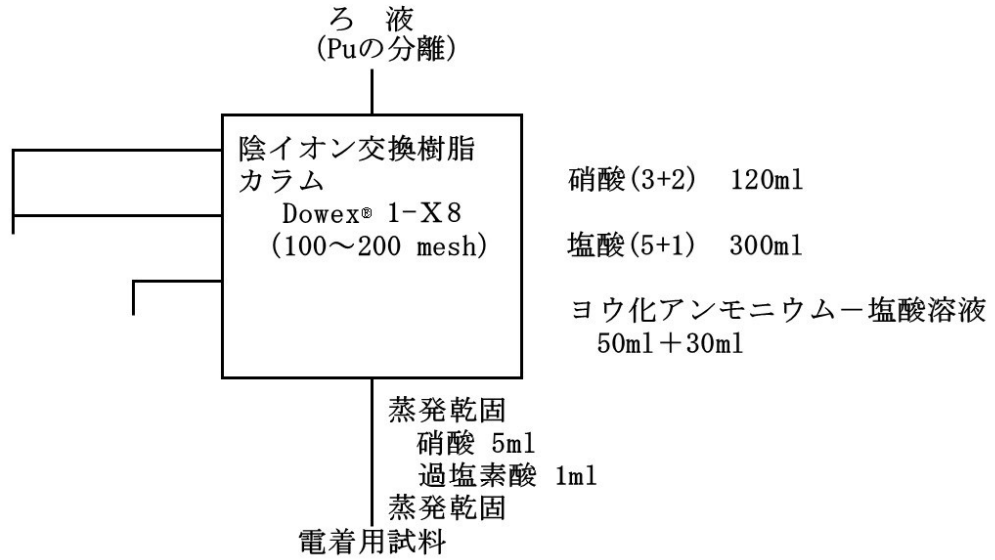
他の測定方法として、ICP 質量分析法、液体シンチレーション測定法がある。

検出可能レベルを解説 B に示す。

詳細な分析手順については、放射能測定法シリーズ 12 「プルトニウム分析法」を参照のこと。

2. プルトニウムの分離

A イオン交換法



B 溶媒抽出法

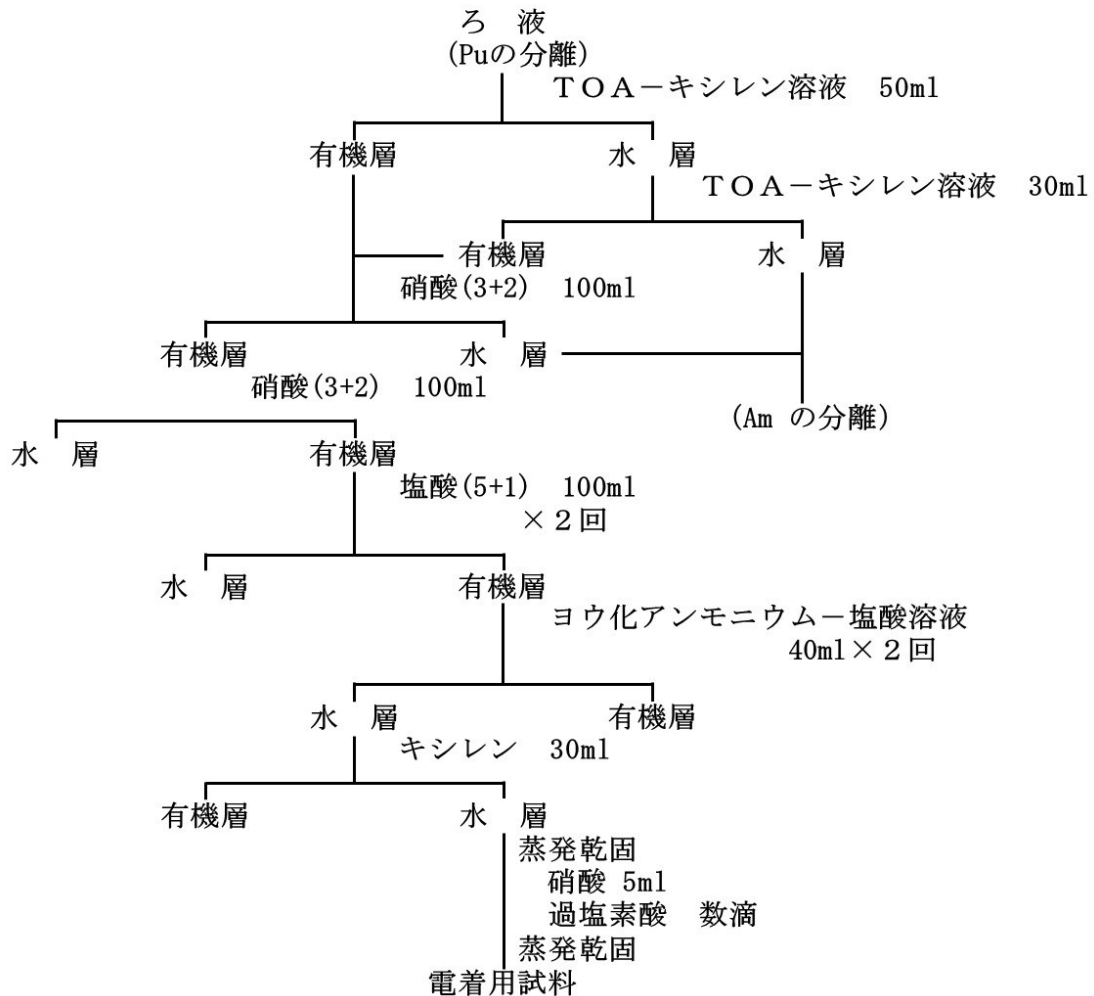


図 5-9 プルトニウム分析フローチャート

放射能測定法シリーズ No. 12 「プルトニウム分析法」

3. 電着操作

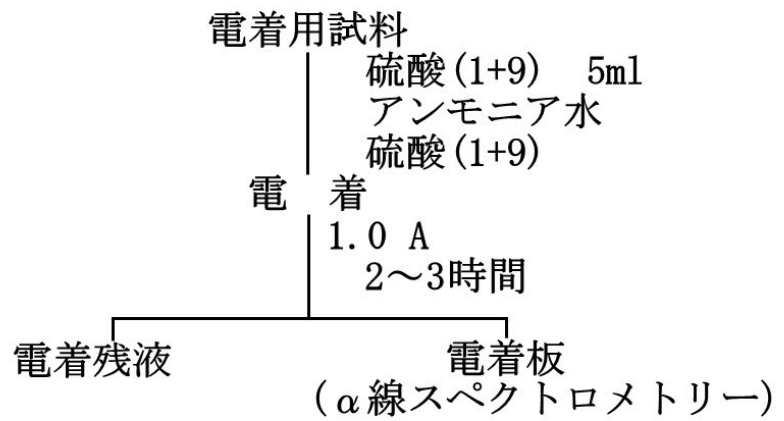


図 5-10 プルトニウム分析フローチャート
放射能測定法シリーズ No. 12 「プルトニウム分析法」

5.3 分析結果の評価

ダストサンプラで採取した大気浮遊じんの分析結果は、過去数年間又は測定開始時からの測定値の最大値を平常の変動幅の上限として設定する。

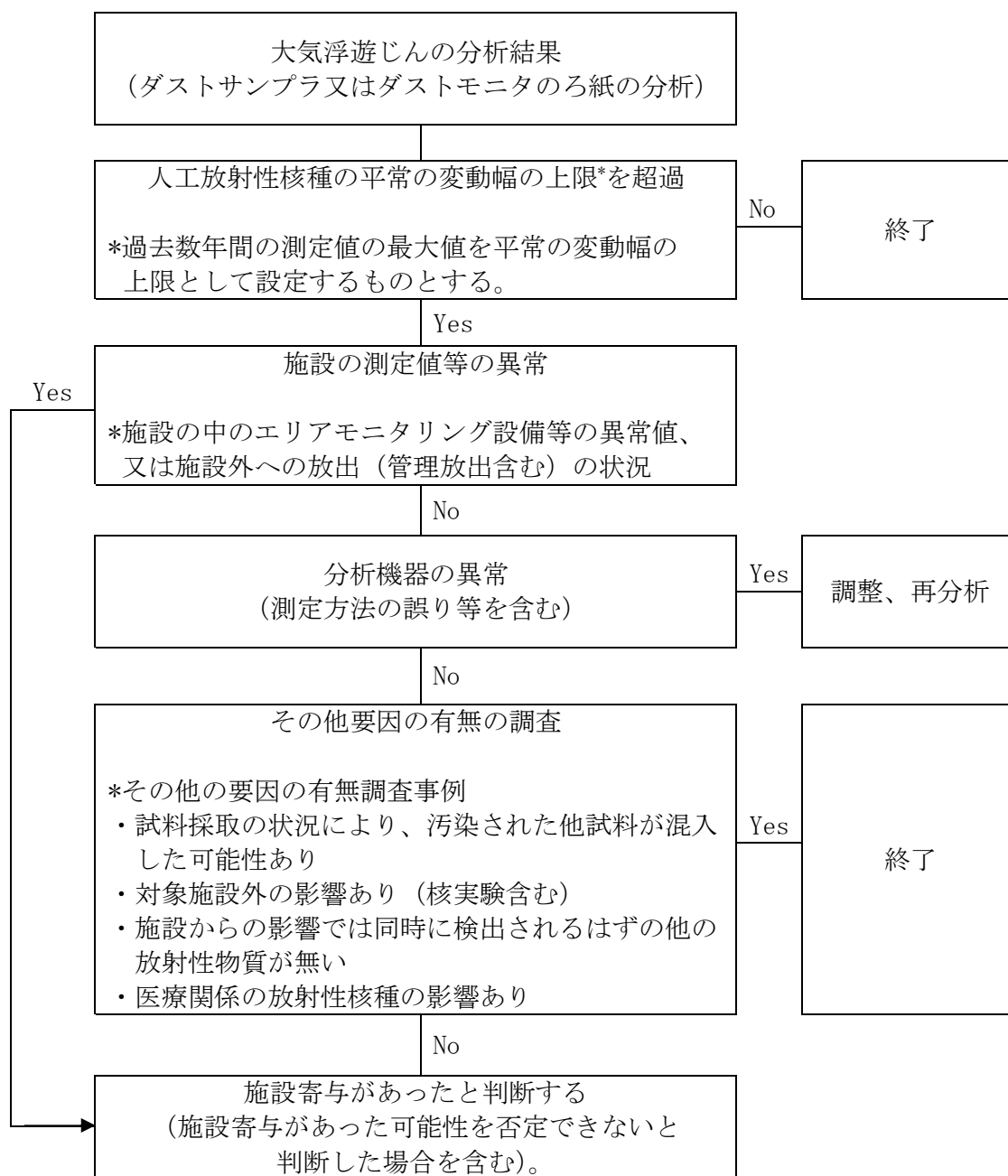


図 5-11 大気浮遊じんの分析結果における施設寄与
(施設寄与である可能性を否定できない場合を含む)を
弁別するためのフローチャート例

平常時モニタリングの結果、測定値が平常の変動幅等の上限値を超過した^{*1}場合は、まず、その原因の調査を行い、施設寄与があったと判断した場合（施設寄与があった可能性を否定できないと判断した場合を含む）においては、施設寄与分の被ばく線量を推定し、評価を行う。

周辺住民等の被ばく線量の推定は、通常、1年間の外部被ばくによる実効線量と1年間の飲食物等の摂取からの内部被ばくによる預託実効線量に分けて別々に算出し、その結果を総合することによって行う。この場合、前者については空間放射線量率の測定結果から算出し、後者については大気中及び環境試料中の放射性物質の濃度と摂取量等に基づいて算出する。

周辺住民等の被ばく線量の評価については、発電用原子炉施設周辺の公衆の受ける線量目標値*2と、推定した被ばく線量を比較することにより実施することとする。

*1 大気中の放射性物質の濃度が平常の変動幅等の上限値を超過している場合には、監視対象以外の原子力施設の事故等による放射性降下物による影響が考えられるので、これらが原因でないか検証する必要がある。なお、過去の原子力施設の事故等による放射性降下物の性質、含まれている核種の時間変化、放射線の連続した測定値等を十分に把握しておくことにより、それらのデータとの比較対照から、施設寄与による上昇かどうかを推定することができるため、これらのデータの入手に努める。

*2 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針において、発電用原子炉施設が通常運転時に環境に放出する放射性物質によって施設周辺の公衆の受ける線量目標値は、実効線量で年間 $50 \mu\text{Sv}$ とされている。また、発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針において、実効線量として、気体廃棄物中の放射性希ガスからの γ 線による実効線量、液体廃棄物中の放射性物質に起因する実効線量（放射性物質を含む海産物の摂取に伴う内部被ばくによる実効線量）及び気体廃棄物中に含まれる放射性ヨウ素に起因する実効線量（吸入摂取、葉菜摂取及び牛乳摂取に伴う内部被ばくによる実効線量）を評価することとしている。

5.4 試料保管

分析前のろ紙を保管する場合、吸湿防止のため、デシケータ等で保管する。

分析後のろ紙は、保管期間が完了するまでは、再分析が可能な状態を維持して保管する。

第 6 章 ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析

6.1 採取～分析

平常時補足参考資料では、発電用原子炉施設等を対象にしているダストモニタの測定値に、施設寄与が認められた場合（施設寄与があった可能性を否定できないと判断した場合を含む）、ヨウ素サンプラの試料を回収し大気中の放射性ヨウ素（粒子状及びガス状）を測定することとしている。また、再処理施設においては、大気中の放射性ヨウ素（粒子状及びガス状）を定期的に採取・測定することとしている。ヨウ素サンプラから取り外したガラス繊維ろ紙及び活性炭カートリッジをゲルマニウム半導体検出器で測定し、放射性ヨウ素の測定を行う。

測定手順については、放射能測定法シリーズ No. 4「放射性ヨウ素分析法」を参照すること。

本測定法では、ヨウ素サンプラの機器仕様例（表 6-1）及び大気捕集材の概要（表 6-2）のみを示す。

表 6-1 ヨウ素サンプラの機器仕様例

	タイプ A	タイプ B	タイプ C	タイプ D
流量(L/min)	40	最大 30	25 以上	50
設定流量範囲 (L/min)	5.0～40.0			
ろ紙の種類 大きさ	セルローズ・ガラス繊維ろ紙 60 mm φ (活性炭ろ紙、活性炭カートリッジ装着可)			
形状寸法 W×D×H(mm)	200×200×285	150×205×117	300×200×270	260×260×100
重量(kg)	約 5 kg	約 5 kg	約 8 kg	約 15 kg
電源	AC100 V, 1 A DC24 V	AC100 V, 1 A DC24 V	AC100 V, 1 A DC12 V, 6 A	AC100 V, 3 A
機能	タイマー:99 分又 は 99 時間	タイマー:99 分又 は 99 時間		タイマー: 999 時 間

表 6-2 ヨウ素サンプラで使用する大気捕集材

	概要
活性炭ろ紙	吸着性の高い活性炭(50%)とセルローズ繊維等から成るろ紙で、放射性ヨウ素の捕集、揮発性放射性物質の捕集に用いられる。表裏には活性炭の脱落を防ぐために保護紙がはってある。5%、10%TEDA(トリエチレンジアミン)を添着したものもある。 JIS Z 4336「放射性ヨウ素サンプラ」附属書〔ヨウ素捕集用ろ材〕に規定の、「ろ紙形」に相当する。
活性炭 カートリッジ	50 メッシュの活性炭を塩化ビニール又はステンレス容器に詰め、表裏を不織布又はステンレスメッシュで被覆している。ヨウ素の捕集効率を高めるため活性炭に TEDA(トリエチレンジアミン)を添着したカートリッジもある。

活性炭に TEDA(トリエチレンジアミン)やヨウ化カリウム等を添着することで、ヨウ素を効率よく捕集できる。添着物質の量によって捕集効率は変化し、一定量をこえると捕集効率はむしろ低下する。一般的には 1～10%が適量とされている*1が、ヨウ化カリウムについては活性炭の着火点の低下を招くことから、0.1～1%がよいという報告もある*2。

*1 木谷進、野呂忠民、中村達男；JAERI-memo 3221 (1968)。

*2 D. A. COLLNS, L. R. TAILOR and R. TAILOR; TRG-1300 (W) (1967)。

第 7 章 ガスモニタによる連続測定

7.1 機器

ガスモニタは、再処理施設から放出されるガス状の放射性物質を対象とした大気中の放射能濃度測定のための機器である。

7.1.1 機器構成

ガスモニタは、図 7-1 のように検出部、指示部、警報部、データ伝送部で構成される。各部の機能等については(1)～(4)に示す。

一般事項

- ①連続運転に耐え得るように、堅牢かつ操作及び保守が容易なものとする。
- ②振動、衝撃、腐食ガス等の影響を受けにくい構造とする。
- ③電磁誘導、静電気等の影響を受けにくい構造とする。また、他の機器に対して電磁誘導等の影響を与えにくい構造とする。
- ④故障に対する自己診断機能を持っていることが望ましい。
- ⑤測定値が流量による影響を受けやすい場合は、サンプリングガスの流量を測定する機能及び制御又は調整できる機能を持っていないといけない。また、流量測定装置は、流量の表示装置を設けること。
- ⑥測定値が電離箱のように圧力による影響を受けやすい場合は、警報付きの圧力計及び圧力の制御又は調整機能を備え、圧力の過度の変動に対して警報を出力できることが望ましい。また、圧力計は標準状態で校正しなければならない。

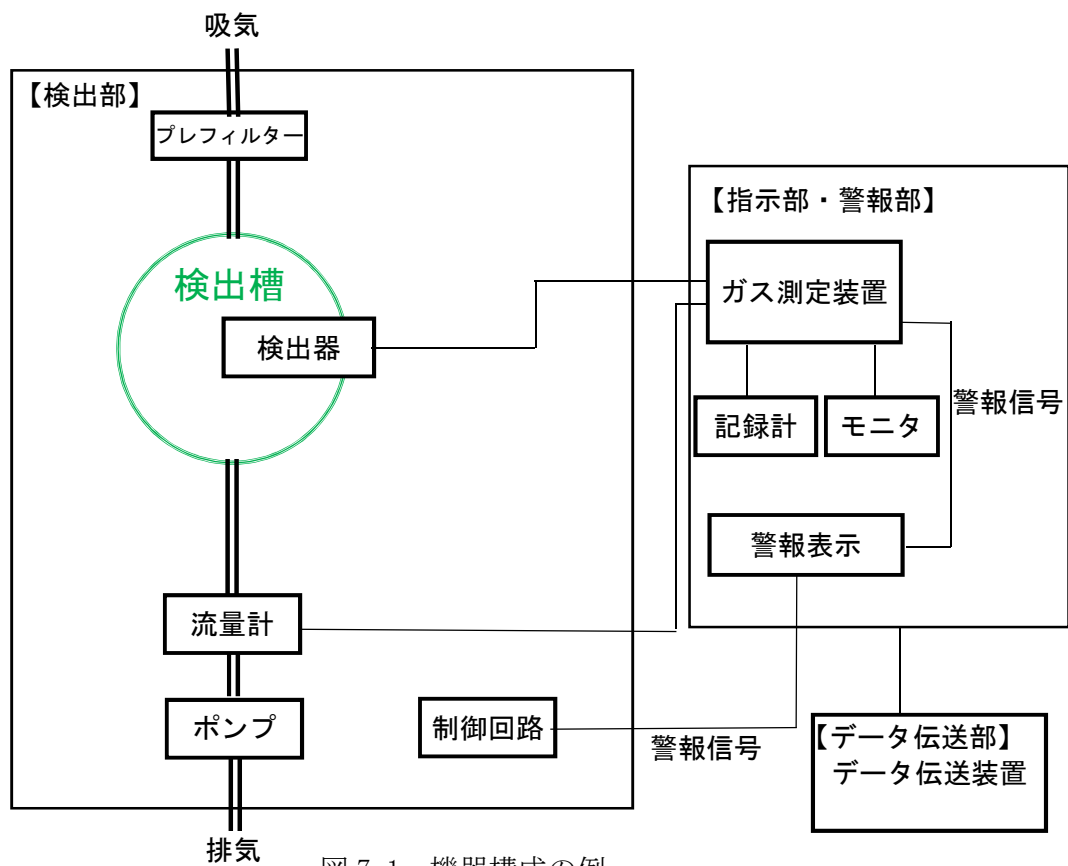


図 7-1 機器構成の例

(1) 検出部

検出部は、粒子状物質を除去した試料空気を検出槽に流通させ放射性気体からの放射線を検出する部分である。吸引口、フィルター、検出槽、検出器、流量計、ポンプ及びそれに附属する機能ユニットから構成される。

検出部に必要な要件を以下に示す。

- ・汚染しにくく、除染又は交換が容易な構造とする。
- ・サンプラの吸引側に粒子性の自然放射性核種の影響を除去するためのフィルター等を装着できる構造とし、フィルターは捕集した放射性物質を飛散させることなく交換可能かつ希ガスを捕集又は滞留させない構造とする。電離電流を測定する方式のモニタの場合には、サンプラの吸引側にイオン除去装置を装着できる構造とする。
- ・外部 γ 線やノイズによる影響を低減させるため、必要に応じて遮へい体、コインシデンス機構やアンチコインシデンス機構等を付加してもよい。

(2) 指示部

指示部は、検出部からの信号を計測し、指示値を表示するとともにデータ伝送部に出力する部分である。

指示部に必要な要件を以下に示す。

- ・指示はアナログ又はデジタル式の計数率又はスケーラによって行う。
- ・測定値の単位は s^{-1} 、kBq/m³、A 等とする。
- ・流量の単位は m³ 等とする。
- ・表形式又はグラフ形式で日時とともに表示する。

(3) 警報部

警報部は、装置の異常や指示値がある設定値を超えたことを検知するための部分である。必要な要件を以下に示す。

- ・指示値が警報設定値を超えたときや装置の故障又は異常時には、ランプ、ブザー等によって警報を発報する。
- ・警報は、リセット又は原因の解消まで維持する。
- ・警報動作を確認できるテスト機能を設ける。また、警報設定が可変な場合は有効測定範囲内に設定ができるとともに警報設定値を確認できること。

(4) データ伝送部

指示部で収集したデータを、通信機器を介してテレメータシステム等に送出し、また、テレメータシステム等より制御信号を受信してガスモニタを制御する部分である。

データ伝送項目例を表 7-1 に示す。

データ通信には、モニタリング局舎内の設備が利用している通信回線があればそれを利用する。通信回線は多重化されていることが望ましい。

表 7-1 データ伝送項目例

	データ伝送項目
①測定値	計数率、放射能濃度、流量、測定時間、日時、位置情報
②状態信号	計数率高、計数率低、検出器異常、流量異常、電源異常、調整中、測定中
③制御信号 (受信情報)	起動、停止

7.1.2 検出器の種類と測定原理

ガスモニタに使用される検出器の種類を表 7-2 に示す。

表 7-2 ガスモニタに使用される検出器の種類

	検出器の種類
β線検出器	プラスチックシンチレーション検出器
	GM 計数管
	通気型電離箱

(1) プラスチックシンチレーション検出器

放射線の入射に伴ってプラスチックシンチレータより発生した光を光電子増倍管にて光電子に変換、増幅してパルス信号として出力し、計測する。プラスチックシンチレータは有機シンチレータを溶媒に溶かした後、これを高分子化して固体プラスチックにする。

プラスチックマトリクス材料としてはポリスチレン、ポリビニルトルエン、ポリメチルメタクリレート等がある。

(2) GM 計数管

放射線の入射に伴って検出器内の気体 (Q ガス等) が電離されて発生した電子が引き起こす電子なだれによる出力パルスの数を計測する。出力パルス波高値は入射放射線による最初の電離量には無関係で一定になるので、出力パルスはエネルギー情報を持たない。

(3) 通気型電離箱

電離箱内に導入した空气中放射性ガスの放射線により発生した全電離電流を計測する。

7.1.3 機器仕様例

ガスモニタの機器仕様例を表 7-3 に示す。

表 7-3 ガスモニタの機器仕様例

項目	タイプ A	タイプ B	タイプ C
測定対象	β線		
検出器	プラスチックシンチレータ	GM 計数管	通気型電離箱
流量	6.5 L/min	60 L/min	5 L/min
検出槽体積	約 30 L (2 槽式)	約 0.3 L	約 14 L
測定方式	連続測定		
外部放射線の影響除去	鉛遮へい (約 3 cm)、プレフィルター、アンチコインシデンス、コインシデンス	鉛遮へい (約 5 cm)、プレフィルター	鉛遮へい (約 2 cm)、プレフィルター、イオンプリシピテータ
重量	—	—	約 135 kg
電源	100 V	100 V	100 V
消費電力	500 VA	—	150 VA

7.2 設置、校正、点検

7.2.1 設置

ガスモニタはモニタリング局舎等の屋内に固定して設置する。
設置条件はダストモニタ（3.3）と同様とする。

7.2.2 校正

(1) 校正方法

機器導入時は Kr-85 による実ガス校正試験を実施する、保守点検時は β 線及び γ 線源（Cl-36、Ba-133、Cs-137）による感度試験及びプラトー特性試験を実施する。

(2) 校正に用いる標準線源

校正に用いる標準線源を表 7-4 に示す。

表 7-4 校正に用いる標準線源

線種	標準線源
β 線	Kr-85（標準放射性ガス）

(3) 校正頻度

校正は機器導入時に、校正機関において実施する。

その後は、点検等の際に年 1 回程度、検出感度に変化がないことを確認し、メーカーの基準値 ±15% 以上を外れた場合には、Kr-85 による実ガス校正試験を実施する。

7.2.3 点検

(1) 日常点検

日常点検は、テレメータシステム等によりリモートで実施する内容と、設置場所で実施する内容がある。

① テレメータシステム等によりリモートで実施する内容

	日常点検項目
動作確認	正常に動作及び通信しているか
	流量に異常はないか
異常値の有無	警報が発報していないか
	計数率及び放射能濃度に顕著な変動はないか

② 設置場所で実施する内容

	日常点検項目
動作確認	正常に動作及び通信しているか
	流量に異常はないか（必要に応じて流量を調整）
	ポンプの動作音に異常はないか
異常値の有無	警報が発報していないか
	計数率に異常はないか
動作環境	局舎の空調は正常に動作しているか

(2) 定期点検

メーカーによる定期点検項目の例を表 7-5 に示す。

表 7-5 定期点検項目の例

	定期点検項目
①外観検査	検出部
	指示部
	ケーブル、コネクタ類
②単体動作、性能検査	
検出部	動作確認
	警報動作確認
	計数率指示精度
	流量指示精度
	最大吸引流量試験
	リーク試験
	感度試験
	プラトー特性試験
	窒素ガス置換前後の BG 確認
	測定下限濃度の確認
	摩耗品の定期的交換
指示部	記録計指示精度

(3) 点検頻度

日常点検はテレメータシステム等で行う点検は 1 日 1 回、設置場所で行う点検は月 1 回程度実施する。

定期点検は年 1 回程度実施する。

7.3 測定

(1) 機器の起動

平常時から連続測定を実施するため、常時起動しておく。

(2) 測定条件の設定

連続測定を実施するための測定条件を設定する。

基本の測定条件を表 7-6 に示し、各項目における留意事項を記載する。

表 7-6 ガスモニタの基本の測定条件

項目	測定条件
① 流量	検出槽の容積による
② 測定時間	1 時間

①流量

検出槽内に吸引された大気が 10 分程度で入れ替わる流量を検出槽の容積に応じて設定する。30 L の検出槽においては 5 L/min 程度とする。

②測定時間

1 時間とする。また、異常等が発生した時に時間分解能を上げた調査を実施するために、より短い間隔の測定値を取得できることとし、その測定値を用いて、1 時間ごとの測定値を算出できること。

(3) 測定開始

測定を開始する。テレメータシステム等により、遠隔操作で測定の開始及び停止を制御できることが望ましい。

(4) データ伝送

測定情報については、少なくとも 1 時間に 1 回、テレメータシステムにデータ伝送する。警報などの監視情報については、異常発生後速やかにテレメータシステムに伝送する。

データ伝送する項目例を表 7-7 に示す。

表 7-7 テレメータシステムへのデータ伝送項目例

区分	信号出力元	信号内容	出力方法	備考
測定情報	検出部	β 計数率	電圧パルス出力 又はファイル	測定時間ごとの s ⁻¹
		放射能濃度		測定時間ごとの kBq/m ³
		平均流量率		測定時間ごとの L/min
		積算流量		測定時間ごとの m ³
監視情報	検出部	測定中	無電圧接点 又はファイル	
		調整中		
		電源異常		
		流量異常		
	指示部	電源異常		
		β 計数率高		
		β 計数率低		

(5) 放射能濃度の計算

1 時間ごとの放射能濃度 (kBq/m³) を 7.1 式により計算する。

$$C = N \times K \quad (7.1 \text{ 式})$$

C : 放射能濃度 (kBq/m³)

N : 正味計数率 (s⁻¹)

(試料計数率 - BG 計数率)

K : 濃度換算定数 (kBq/m³/s⁻¹)

7.4 測定結果の評価

再処理施設についても、再処理施設以外の原子力施設と同様に、平常の変動幅の上限値を超過した値が測定された際には原因調査を行い、施設寄与が認められた場合又は施設寄与を否定できない場合には、施設寄与による被ばく線量の評価を行う。

ただし、再処理施設では通常施設稼働においても測定値に施設寄与が認められ、平常の変動幅の上限値を超過するおそれがあるため、測定値の上昇が異常事態に当たるかどうかの判断には注意を要する。

このため、異常事態かどうかを判断するために、原因や調査を行う目安として、平常の変動幅とは異なる基準が必要である。例えば、施設が通常稼働状態であり、かつ、特異な気象条件でない場合に得られた過去の測定値 (施設寄与が認められた測定値を含む。) の範囲を設定し、測定結果を評価する。

解説

解説 A 大気中放射性物質測定の有効性

平常時補足参考資料では、原子力施設から放出された放射性物質の早期検出を目的として、「空間放射線量率の測定」及び「大気中の放射性物質の濃度の測定」を実施することとなっている。

大気中の放射性物質測定の有効性について、実測及び計算による事例を踏まえて示す。

(1) 東京電力福島第一原子力発電所事故時における観測例

千葉県千葉市において、2011年3月15日未明に、ダストモニタで測定した全 β 放射能及び β/α 比に上昇が見られた。なお、空間放射線量率の上昇もほぼ同時であった。

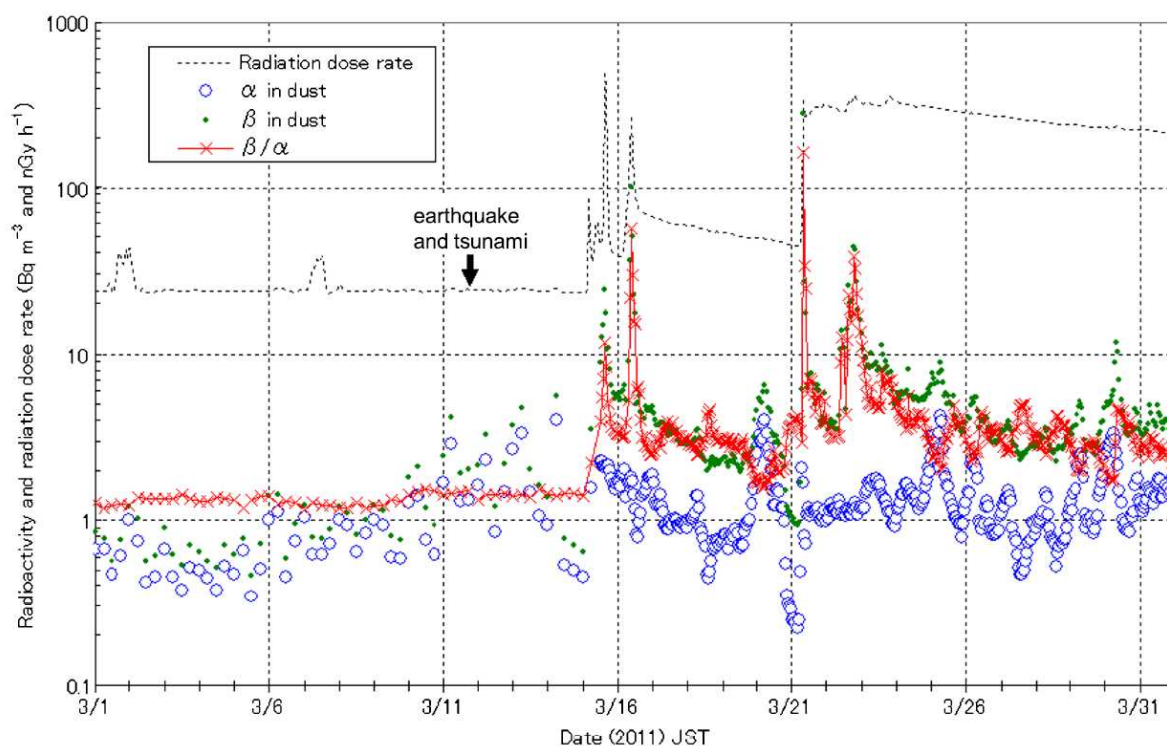


図 A-1 千葉県千葉市における観測例
(3月15日まで：ろ紙送り6時間後のデータ、
3月15日以降：ろ紙送り1時間後のデータ、)

K. Nagaoka, Health Physics, 2012

* 3月1日及び3月7日の空間放射線量率の上昇は、降雨に伴う自然放射性物質による影響に起因したものである。

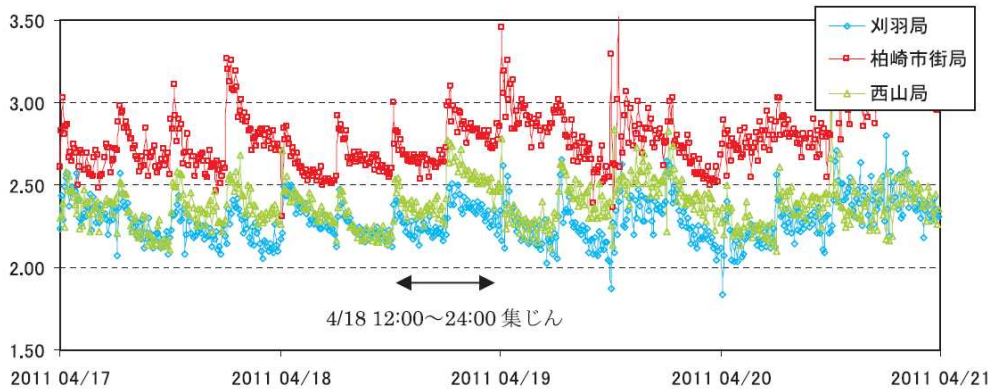
(2) ラドン・トロン壊変生成物減衰後に施設寄与を検出した例

(1)のようにリアルタイムでの観測はできなかったが、ラドン・トロン壊変生成物の減衰後に施設寄与があることを検出した例を示す。

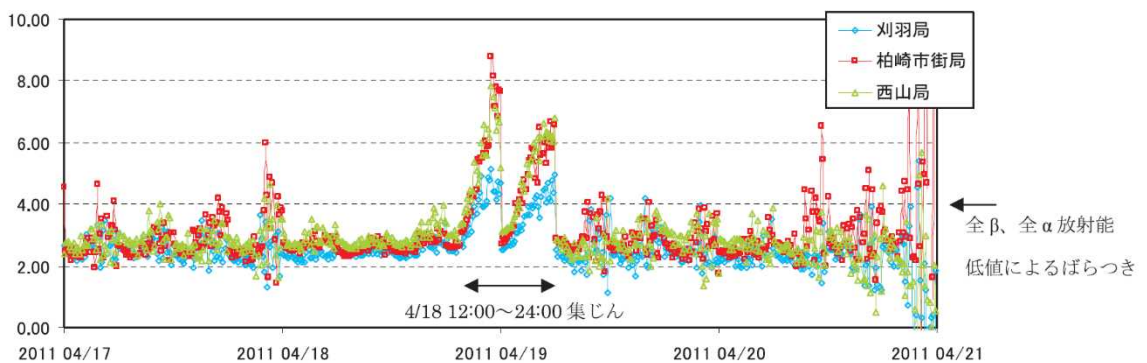
新潟県において、2011年4月18日12:00~24:00に集じんした全 β/α 放射能比について、集じん位置における測定では有意な上昇は見られなかった(図A-2(a))が、集じん6時間後の β/α 比に有意な上昇が見られた(図A-2(b))。なお、集じん6時間後の全 β 放射能には有意な上昇は見られなかった(図A-2(c))。

なお、モニタリングポストの空間放射線量率は、降雨による上昇のみで、東京電力福島第一原子力発電所事故影響による上昇は確認されなかった。

(a) 集じん位置の β/α 比 (10分値)



(b) 集じん6時間後の β/α 比 (10分値)



(c) 集じん6時間後の全 β 放射能 (10分値)

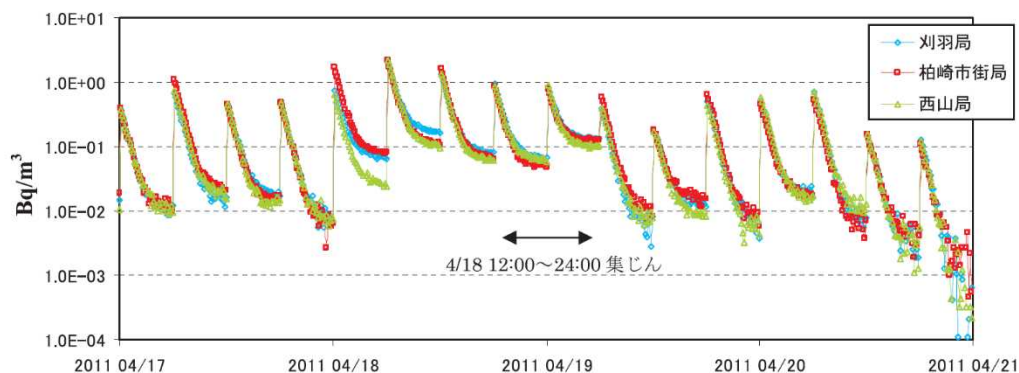


図 A-2 新潟県における観測例

新潟県, 平成 23 年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果速報
第 1 四半期 (4 月~6 月), 平成 23 年 9 月

(3) 計算による有効性評価

IAEA-TECDOC-1162 「Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency」には、大気中放射性物質濃度から空間放射線量率への放射性核種ごとの換算係数が掲載されている（表 A-1）。

この換算係数を用いて計算すると、Cs-134 の大気中放射能濃度が 5 Bq/m³ 上昇した場合、空間放射線量率の上昇は 1.7 nSv/h となり、空間線量率を測定しているモニタリングポストではバックグラウンドの変動に埋もれてしまい検知は困難である。

そのため、ダストモニタで 5 Bq/m³ の施設起因の人工放射性物質を弁別測定できることで、モニタリングポストよりも早期の検知は可能であると考えられる。

表 A-1 大気中放射性物質濃度から空間放射線量率への換算係数
(放射性 Cs の換算係数のみ抜粋)

放射性核種	換算係数 (mSv/h) / (kBq/m ³)
¹³⁴ Cs	3.4E-04
¹³⁶ Cs	4.8E-04
¹³⁷ Cs/ ^{137m} Ba	1.3E-04
¹³⁸ Cs	5.2E-04

IAEA-TECDOC-1162 「Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency」

解説 B 検出可能レベル

大気中の放射性物質の濃度の測定における検出可能レベルを以下に示す。

(1) ダストモニタによる連続測定

表 B-1 ダストモニタの検出可能レベル

試料	検出可能レベル		参考 (測定条件)	
	全 α 放射能濃度	全 β 放射能濃度	供試量	測定時間
大気浮遊じん	0.05 Bq/m ³	0.10 Bq/m ³	9 m ³	1 時間

- ・流量：150 L/min、供試量：1 時間の積算流量
- ・ダストモニタの検出下限値については解説 C を参照すること

(2) ダストサンプラにより採取した大気浮遊じん中の放射性物質濃度測定

表 B-2 γ 線スペクトロメトリーの検出可能レベル

試料	検出可能レベル				参考 (測定条件)		
	Co-60	I-131	Cs-134	Cs-137	供試量	測定時間	相対効率
大気浮遊じん等	0.008 mBq/m ³	0.004 mBq/m ³	0.008 mBq/m ³	0.008 mBq/m ³	10 ⁴ m ³	80,000 秒程度	20% 程度
	0.037 mBq/m ³	0.027* mBq/m ³	0.035 mBq/m ³	0.030 mBq/m ³	約 3000 m ³	70,000 秒程度	40% 程度

*相対効率 30%程度 of 検出器を用いて測定

放射能測定法シリーズ No. 7

表 B-3 ウラン分析の検出可能レベル

試料	測定方法	検出可能レベル	参考 (測定条件)	
			供試量	測定時間
大気浮遊じん	α 線スペクトロメトリー	1 μ Bq/m ³	10 ³ m ³	20 時間
	ICP 質量分析法	0.001 μ Bq/m ³	10 ³ m ³	10 秒

α 線スペクトロメトリー：回収率 80%、計数効率 20%、バックグラウンド計数率を 1 カウント/20 時間とした場合の正味計数率に伴う計数誤差の 3 倍

ICP 質量分析法：バックグラウンド計数率 5 cps とした場合のバックグラウンド計数の標準偏差の 3 倍

放射能測定法シリーズ No. 14 から換算

表 B-4 プルトニウム分析の検出可能レベル

試料	測定方法	検出可能レベル	参考（測定条件）	
			供試量	測定時間
大気浮遊じん	α 線スペクトロメトリー	$0.2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$	10^4 m^3	24 時間

計数効率：20%、核種からの α 線の全計数値が計数誤差の3倍とした場合

放射能測定法シリーズ No. 12

(3) ガスモニタによる連続測定

表 B-5 ガスモニタの検出可能レベル

試料	検出可能レベル	参考（測定条件）
	全 β 放射能濃度	測定時間
大気	$1 \text{ kBq}/\text{m}^3$	1 時間

解説C ダストモニタの測定条件設定の考え方

ダストモニタの測定条件設定の考え方を解説する。ここでは、長尺ろ紙を使用した α 線・ β 線ダストモニタについて、測定条件の違いによる測定結果への影響について記載する。ラドン・トロン壊変生成物の影響は解説Eを参照すること。

(1) 放射能濃度の計算方法の違いによる測定結果への影響

ダストモニタの測定値には、集じんされた大気浮遊じん中の放射能濃度の平均値を測定する方法と、単位時間ごとの放射能濃度の差分を瞬時値として測定する方法がある。本測定法では、平常時におけるダストモニタでは平均値を、緊急時における大気モニタでは瞬時値を測定する方法を基本としている。

大気中の放射能濃度が 10 Bq/m^3 で常に一定である場合、半減期の長い放射性核種（集じん時間における物理減衰なし）と、半減期の短い放射性核種（半減期：30分）では、ろ紙上の放射能は図C-1のように推移する。半減期の長い放射性核種を捕集する場合、大気中濃度が一定であれば、ろ紙上の放射能は直線的に増加する。一方、半減期の短い放射性核種（半減期：30分）では、ろ紙上の放射能は直線的に増加するが、物理減衰によるろ紙上での減少も同時に起こるため、時間の経過とともに、ろ紙上の放射能はほぼ一定になる。

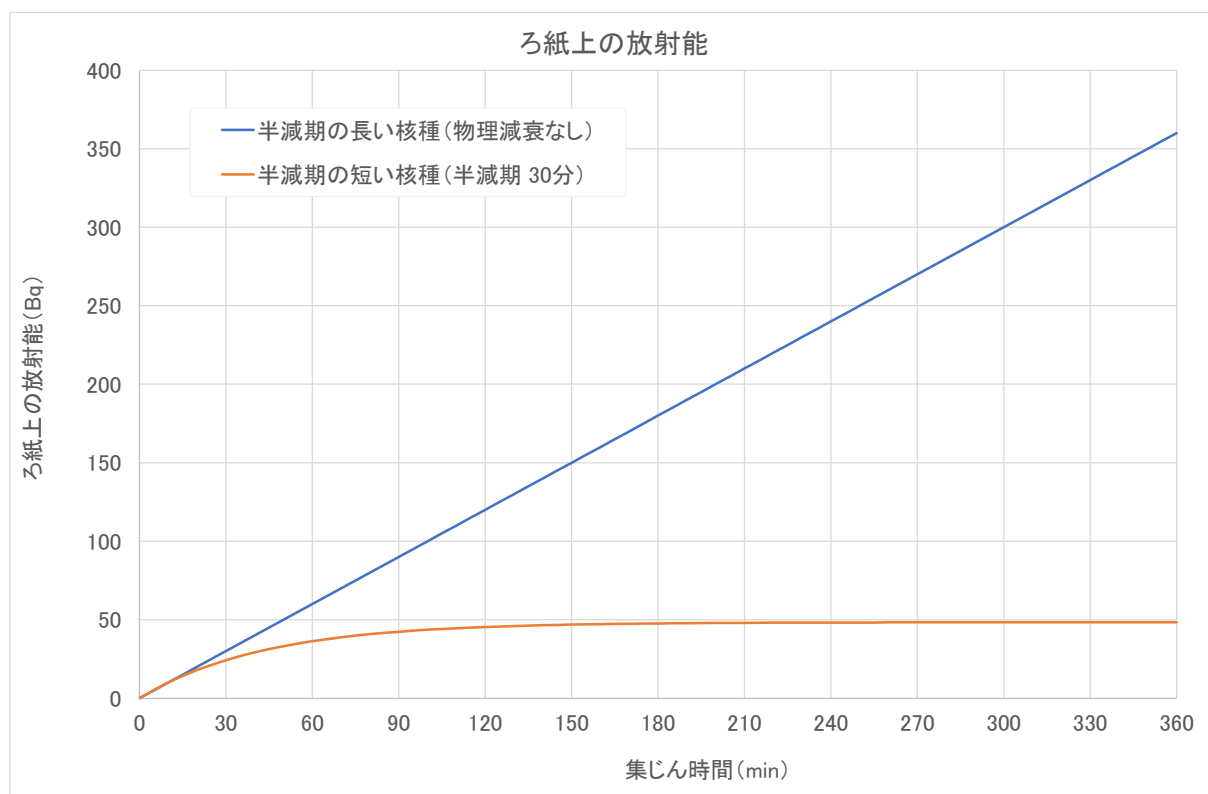


図 C-1 ろ紙上の放射能の推移

図C-1のようなろ紙上の放射能の推移である場合について、集じんされた大気浮遊じん中の放射能濃度の平均値と瞬時値のそれぞれを計算した結果を図C-2及び図C-3に示す。半減期の長い放射性核種の場合、平均値と瞬時値に差は生じない。一方、半減期の短い放射性核種（半減期：30分）の場合、時間の経過とともにほぼ一定となるろ紙上の放射能を、直線的に増加する積算流量で除するため、平均値は時間の経過とともに減少する。瞬時値では、単位時間ごとのろ紙上の放射能の差分を、単位時間の積算流量（一定値）で除するため、時間の経過とともに0に近づく。半減期の短い放射性核種の場合、この計算方法においては、平均値及び瞬時値のいずれにおいても、大気中の放射能濃度からは過小評価になることに

留意が必要である。緊急時には、半減期の短い人工放射性核種も測定対象となることから、ろ紙送り間隔を1時間程度に短くしてこの影響を小さくする必要がある。

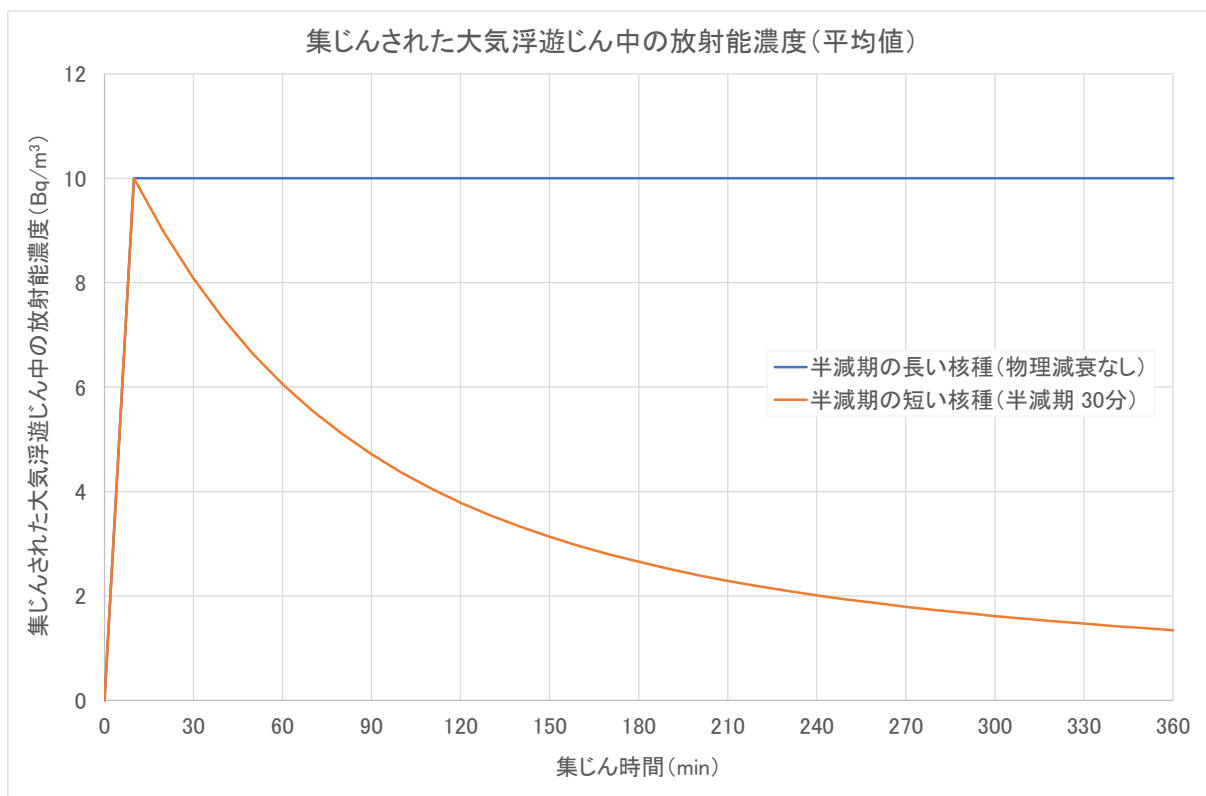


図 C-2 集じんされた大気浮遊じん中の放射能濃度 (平均値) の推移

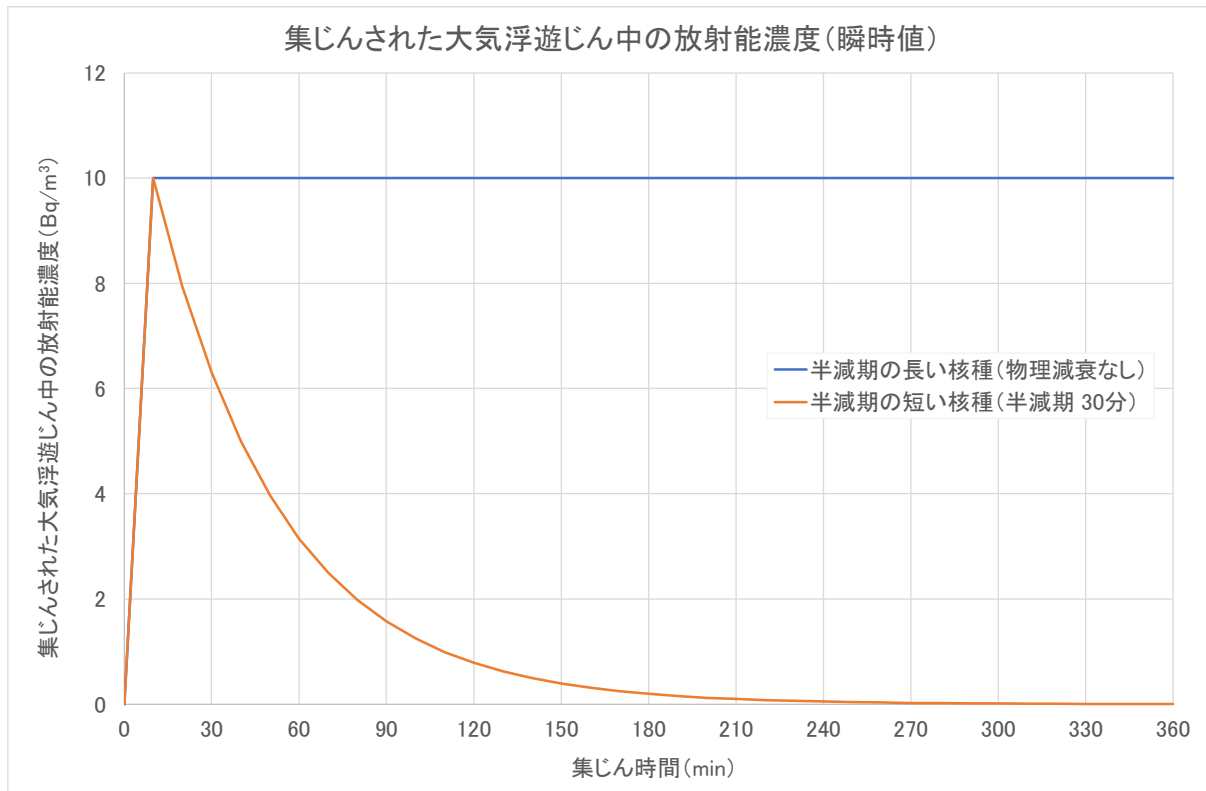


図 C-3 集じんされた大気浮遊じん中の放射能濃度 (瞬時値) の推移

(2) 集じん時間と検出下限値の関係

α ・ β 線ダストモニタの検出下限値の評価例を表 C-1 に示す。

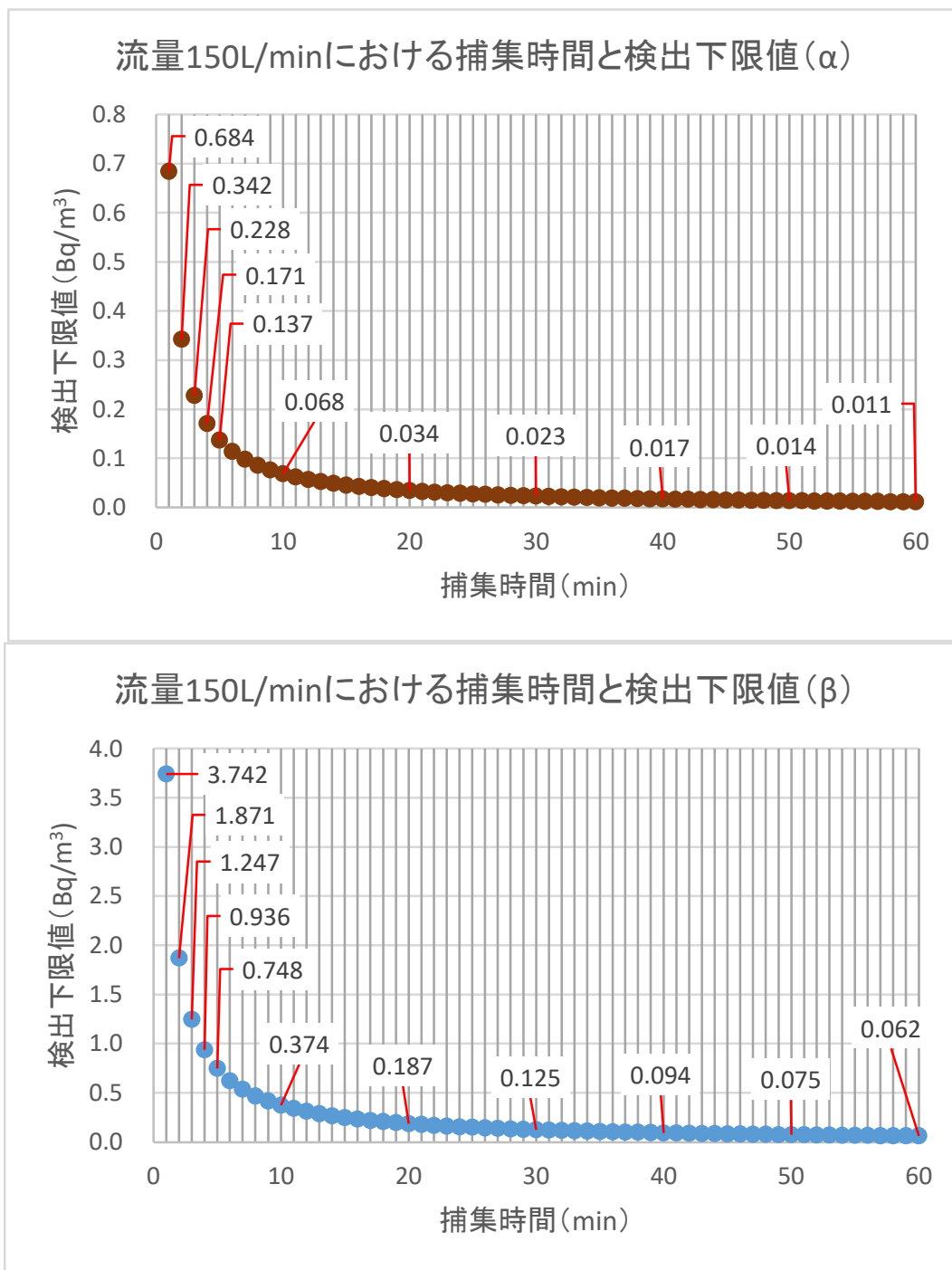
なお、JIS Z 4316:2006「放射性ダストモニタ」に規定している最高検出感度を検出下限値として計算した。

表 C-1 α ・ β 線ダストモニタの検出下限値の評価例

集じん時間	供試量	検出下限値 (Bq/m ³)	
		全 α 放射能濃度	全 β 放射能濃度
10 分	1.5 m ³	0.07	0.4
1 時間	9 m ³	0.01	0.06

- ・流量：150 L/min
- ・機器効率：約 49% (全 α)、約 35% (全 β)
- ・検出器： α 線 ZnS(Ag)シンチレータ、 β 線 プラスチックシンチレータ
- ・検出器サイズ：50 mm ϕ

また、採取流量率 150 L/min における、集じん時間と検出下限値の関係を図 C-4 に示す。



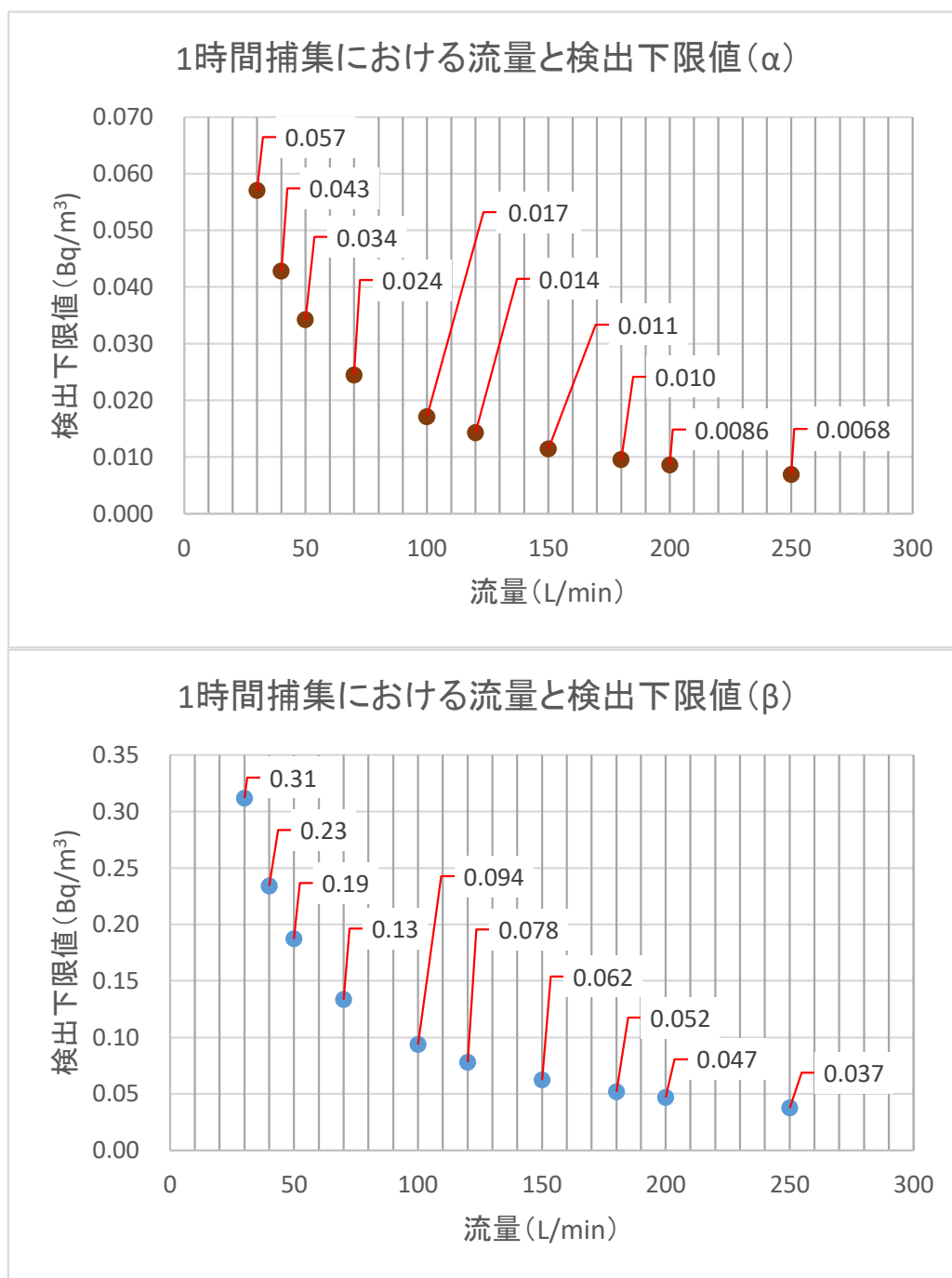
<計算条件>

- ・ 計数時間：2分
- ・ 2分間のバックグラウンド計数値：全α 2カウント、全β 30カウント
- ・ 機器効率：全α 約49%、全β 約35%
- ・ 捕集効率：100%
- ・ 検出器：α線 ZnS(Ag)シンチレータ、β線 プラスチックシンチレータ
- ・ 検出器サイズ：50 mmφ

図 C-4 集じん時間と検出下限値の関係
(上：全α、下：全β)

(3) 採取流量と検出下限値の関係

1 時間の集じんにおける、採取流量と検出下限値の関係を図 C-5 に示す。



<計算条件>

- ・ 計数時間：2 分
- ・ 2 分間のバックグラウンド計数値：全 α 2 カウント、全 β 30 カウント
- ・ 機器効率：全 α 約 49%、全 β 約 35%
- ・ 捕集効率：100%
- ・ 検出器： α 線 ZnS(Ag) シンチレータ、 β 線 プラスチックシンチレータ
- ・ 検出器サイズ：50 mm ϕ

図 C-5 流量と検出下限値の関係
(上：全 α 、下：全 β)

(4) 集じん時間と大気吸引流量率低下の関係

集じん時間を長くする程、ろ紙に捕集される大気浮遊じんの量は増加するため、大気吸引流量率は低下する。

セルロース・ガラス繊維ろ紙を用いて、集じん開始時の大気吸引流量率を約 200 L/min とし、約 10 日間吸引し続けた場合の大気吸引流量率の低下率を評価した例を図 C-6 に示す。大気吸引流量率は、3 日間で 5% 程度、10 日間で 35% 程度低下した。ただし、場所や季節によって大気浮遊じんの量は変化することに注意が必要である。

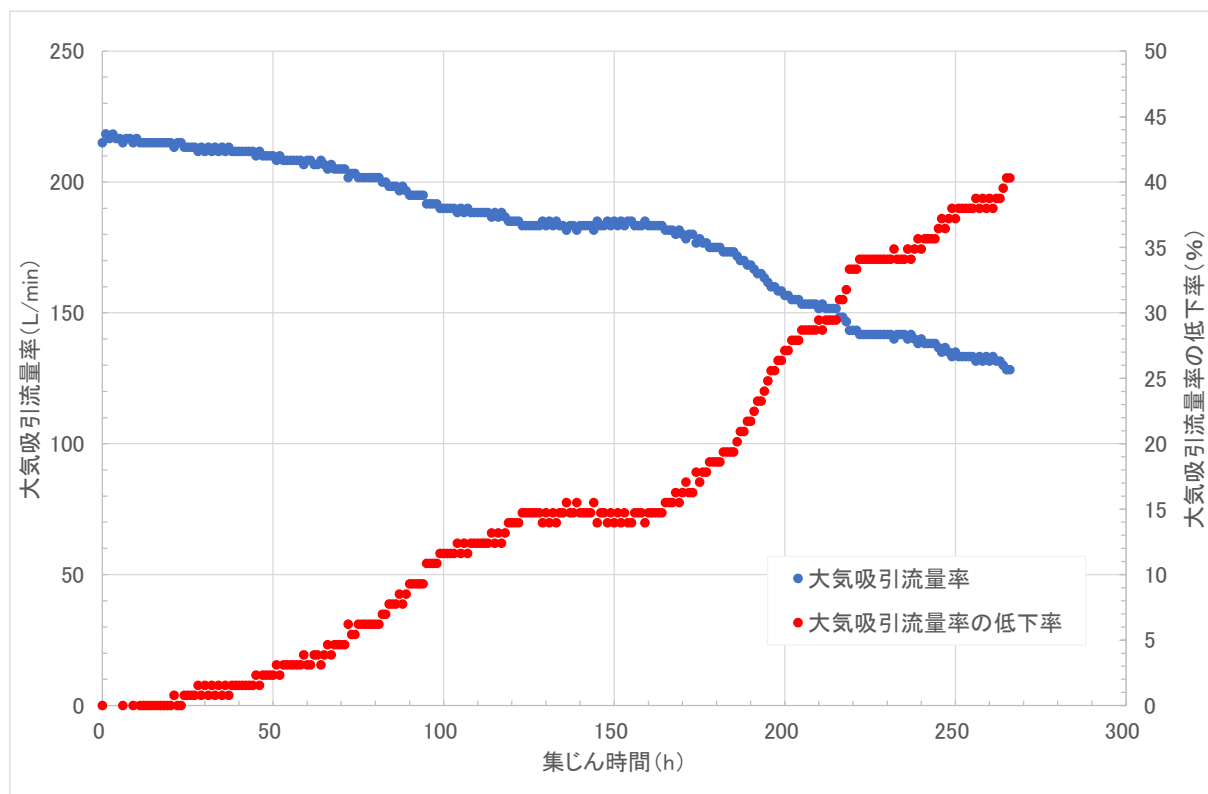


図 C-6 大気吸引流量率の低下率の評価例

解説D ダストモニタの効率

ダストモニタにより測定された放射能濃度は、効率校正に使用された1種類の標準線源の放射性核種濃度として計算されており、 α 線及び β 線検出器にはエネルギー依存性があるが、それが考慮されていないことが現状である。

ここでは、 α 線又は β 線ダストモニタの効率校正のために使用する標準線源を変更した場合の影響について解説する。

(1) 標準線源

JIS Z 4316:2013「放射性ダストモニタ」では、試験に用いる放射線源は、 β 線源としてC1-36及びTl-204、 α 線源としてAm-241、 γ 線源としてCs-137等を用いることとしている。また、 α 線及び β 線ダストモニタ用標準線源は表面放出率、 γ 線ダストモニタ用標準線源は放射能について、国家標準とのトレーサビリティが確保されているものとしている。

現状 α 線及び β 線測定用ダストモニタの効率校正には、Am-241及びC1-36が多く使用されている。

表D-1 β 線用標準線源

核種	半減期	β 線最大エネルギー (keV)
Ni-63	100.1年	67
C-14	5700年	157
Hg-203	46.61日	213
Pm-147	2.62年	225
Ca-45	163日	257
Co-60	5.27年	318
Cs-137	30.17年	514 (94.4%)、1176 (5.6%)
W-185	75.1日	433
Tl-204	3.78年	764 (97.1%)
C1-36	3.01×10^5 年	709 (98.1%)
Au-198	2.695日	961 (99.0%)
Sr-89	50.53日	1495
P-32	14.26日	1711
Sr-90+Y-90	28.79年	546、2280

JIS Z 4316:2013「放射性ダストモニタ」

(2) 標準線源を変更した場合の影響

表 D-1 に JIS Z 4316:2013 に記載されている β 線用標準線源を示した。また、プラスチックシンチレーション検出器のエネルギー特性（効率に対する β 線エネルギーの依存性）の評価例を図 D-1 に示した。

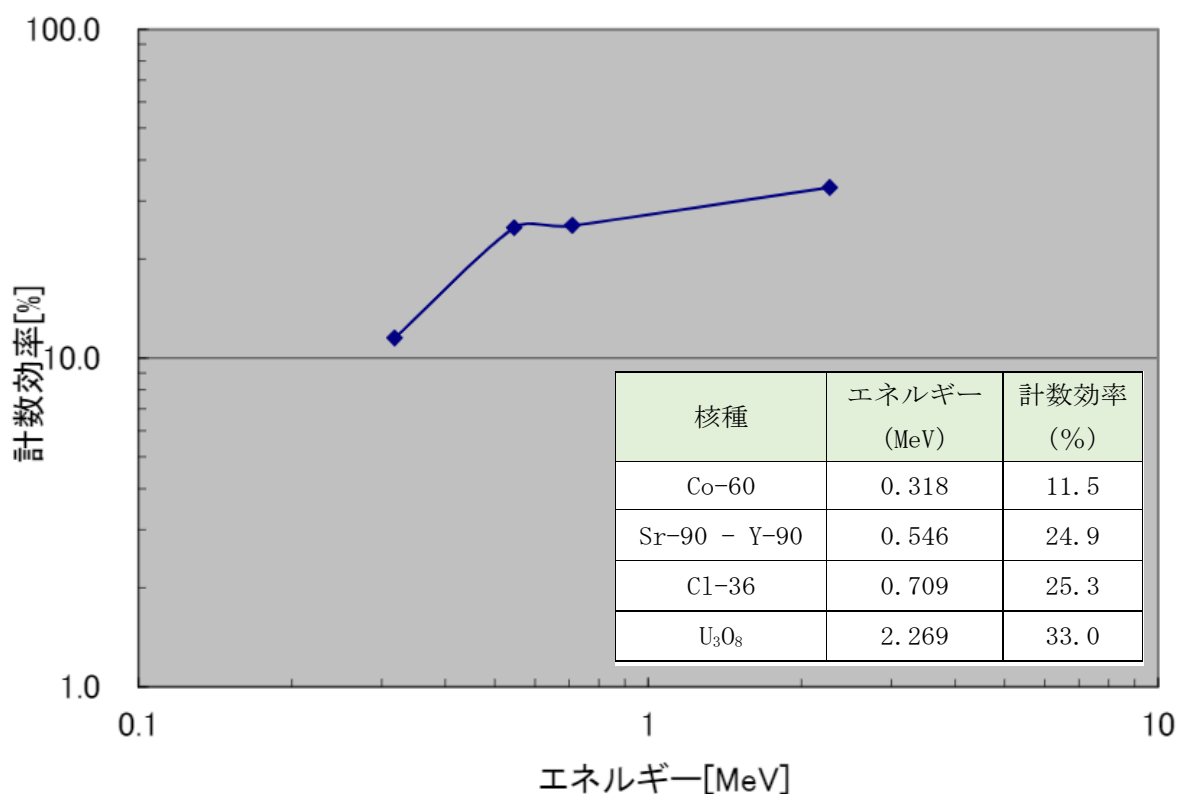


図 D-1 プラスチックシンチレーション検出器のエネルギー特性評価例

メーカー提供資料

過去に導入されたダストモニタでは U₃O₈（ α 線及び β 線）線源*を用いて効率校正がされており、現在もその効率が活用されている機器がある。

*日本アイソトープ協会では国際規制物資であるウラン（U₃O₈）線源の販売を 1997 年に中止した。

U₃O₈（ α 線及び β 線）線源と、Am-241 線源（ α 線）及び Cl-36 線源（ β 線）との検出効率の差の評価例を表 D-2 に示した。

データ掲載許可申請中

(3) 効率校正における標準線源と検出器の距離の違いによる影響

異なる線源を用いて効率校正しているダストモニタのデータを比較する際には、表 D-2 のような効率の違いを考慮し、測定値を補正することが必要である。

また、U₃O₈ 線源とろ紙の距離を変化させた場合の計数効率の変化を図 D-2 に示す。距離が大きくなるほど計数効率は下がり、飛程の短い α 線の方が変化量大きい。

このことから、ろ紙と検出器の幾何学的配置と全く同じ条件で効率校正を実施すること

が重要である。

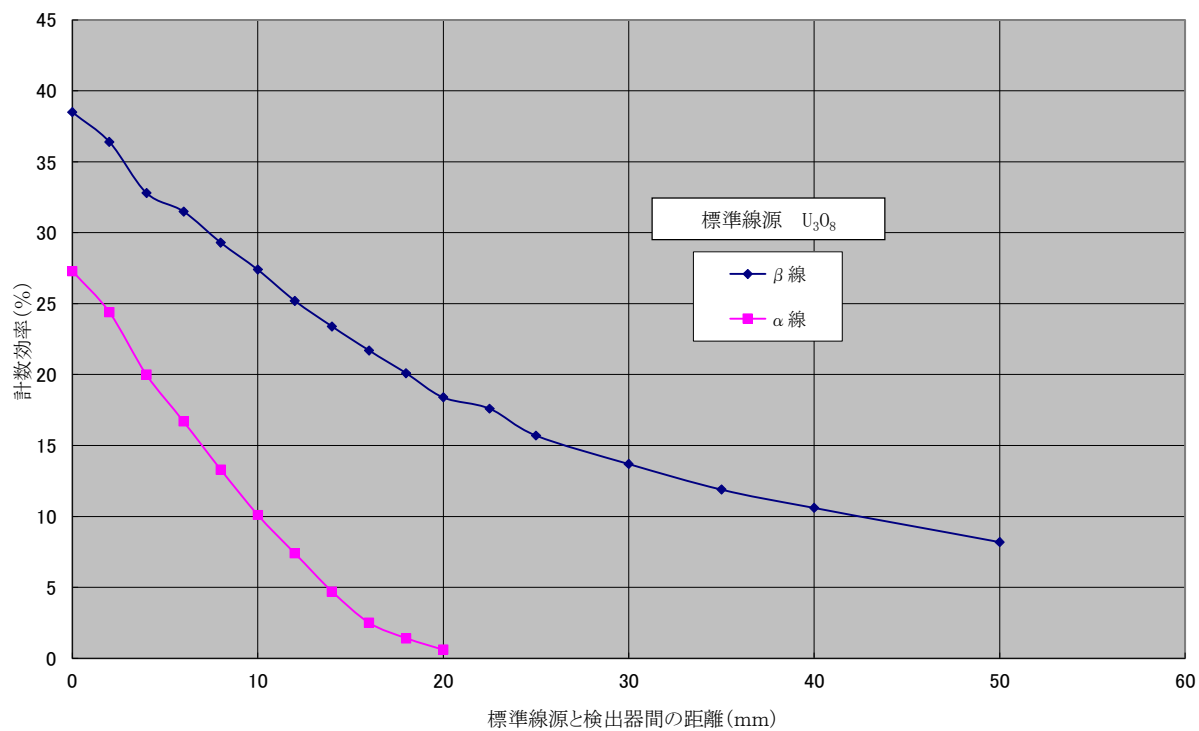


図 D-2 標準線源とろ紙の距離を変化させた場合の計数効率の変化

技術参考資料

解説 E ダストモニタ測定結果へのラドン・トロン壊変生成物の影響

ダストモニタの測定値は、ろ紙に捕集した大気浮遊じんに含まれる放射能濃度として算出される。自然環境において大気浮遊じん中に存在する α 線又は β 線を放出する放射性核種は、ラドン・トロンの壊変生成物が主である。大気中の放射能濃度が一定であったとしても、ろ紙上の大気浮遊じんに含まれるラドン・トロン壊変生成物の影響により、ダストモニタの測定値は変動する。図 E-1 にラドン・トロンの壊変図を示す。

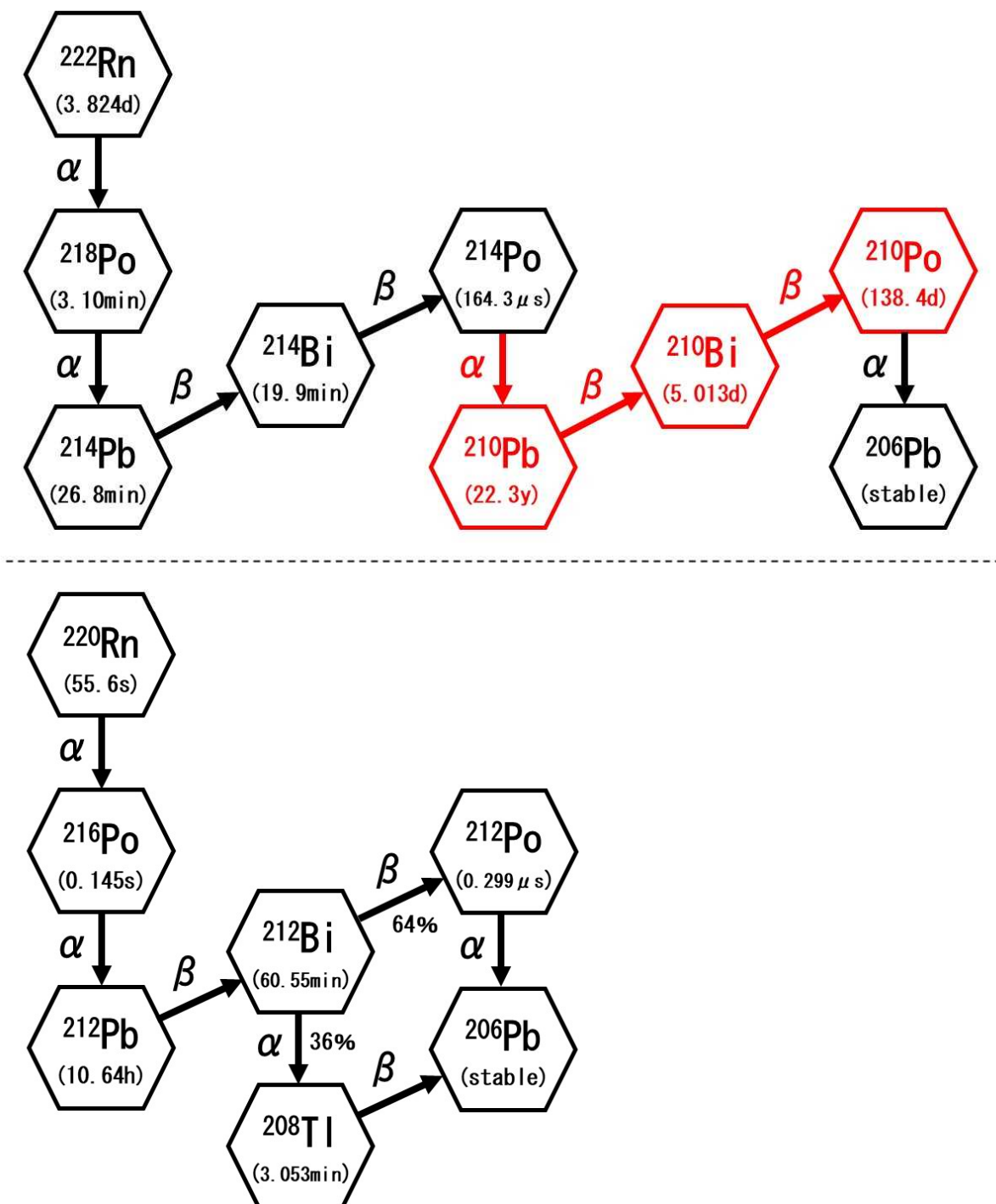
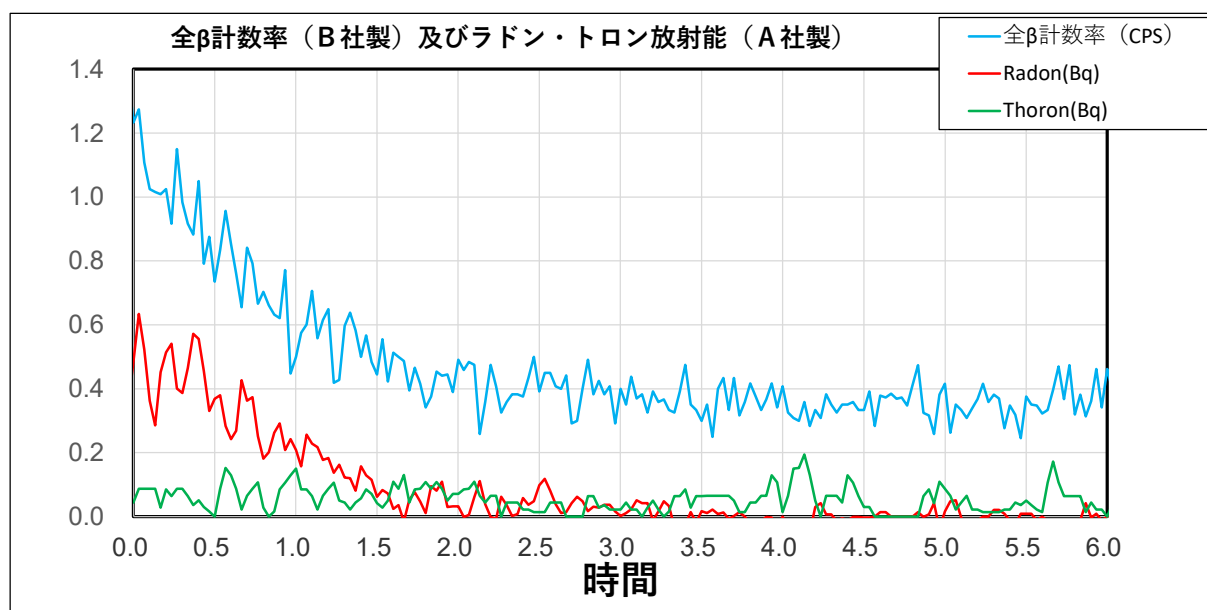
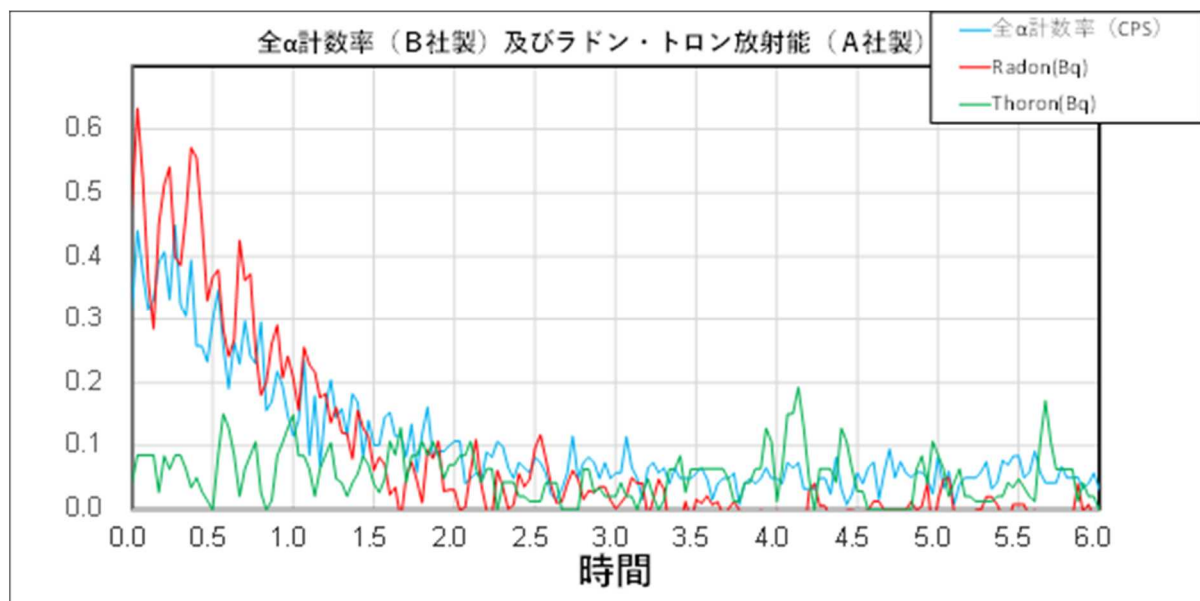


図 E-1 ラドン・トロンの壊変図

(1) 実測による評価

スペクトル解析により、ラドン・トロンのおおよその放射能を測定可能なA社製ダストモニタと、全 α 及び全 β 計数率を測定可能なB社製ダストモニタについて、6時間集じん後にポンプを停止した状態で測定を継続し、集じん後の放置時間とラドン・トロン壊変生成物の減衰の関係を評価した(図E-2)。



図E-2 ダストモニタ実測値によるラドン・トロン壊変生成物の影響評価
(上:全 α 、下:全 β)

全 β 計数率とラドンの減衰パターンはほぼ一致し、約30分の半減期で減衰した。全 β 計数率は集じん停止後2時間程度でBG計数率*付近まで低下した。

*BG計数率(未集じんのろ紙をポンプを停止して測定)の実測値は α が0.02 cps、 β が0.3 cps程度

(2) 計算による評価

ラドン壊変生成物である Po-218、Pb-214、Bi-214、Po-214 が大気中に各 5 Bq/m^3 の一定濃度で存在し、その大気を流量 100 L/min 、捕集効率 100% で集じんした時の、ろ紙上の放射能の推移を図 E-3 に示す。

ろ紙上の放射能は集じんによって増加するが、一方で放射性壊変によって減衰するため、時間経過とともに放射能は一定になる。

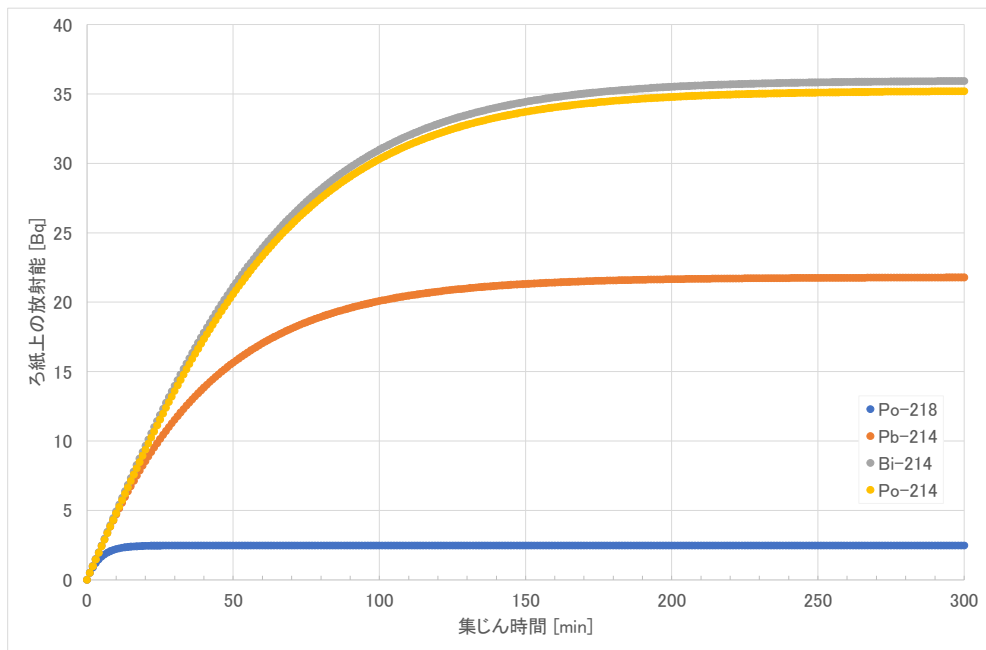


図 E-3 ろ紙上の放射能（ウラン系列）の推移

トリウム壊変生成物である Po-216、Pb-212、Bi-212 が大気中に各 0.1 Bq/m^3 の一定濃度で存在し、その大気を流量 100 L/min 、捕集効率 100% で集じんした時の、ろ紙上の放射能の推移を図 E-4 に示す。

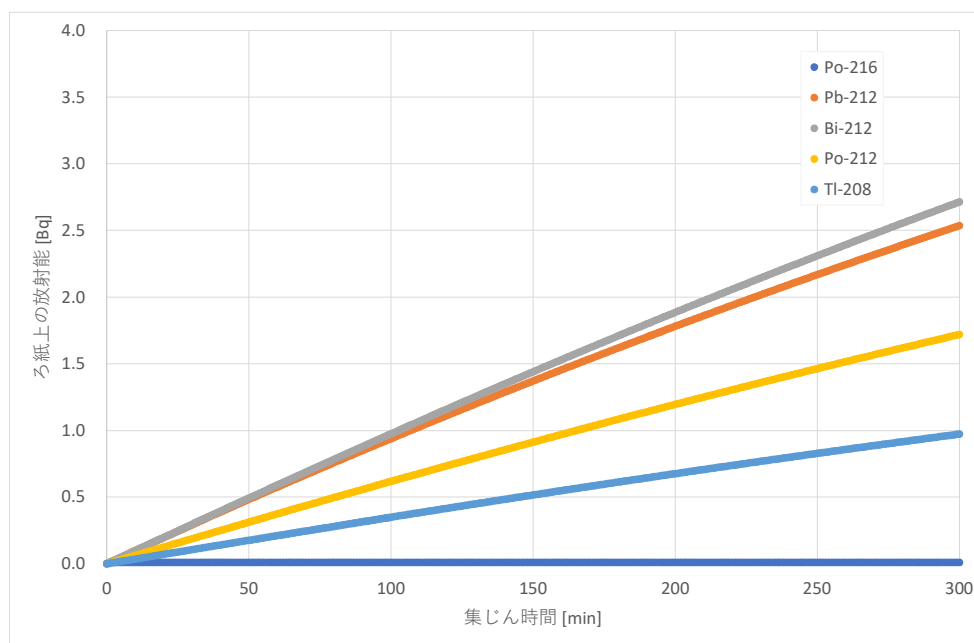


図 E-4 ろ紙上の放射能（トリウム系列）の推移

解説 F ダストモニタにおける人工放射性核種寄与分の弁別方法

ダストモニタの測定値から人工放射性核種の寄与分を弁別するための方法を示す。

F.1 β/α 比を用いた方法

本文中の 3.5.2 に記載した方法である。

ラドン・トロン壊変生成物の影響により、全 α 放射能濃度及び全 β 放射能濃度の経時的な変動は大きいですが、両者の比である β/α 比はほぼ一定になる。それを利用して、自然放射性核種由来の全 β 放射能濃度を推定し、測定値から差し引くことで、人工放射性核種由来の全 β 放射能濃度を評価することができる。この手法は、人工放射性核種由来の全 β 放射能濃度が支配的なきに有効であり、人工放射性核種由来の全 β 放射能濃度と全 α 放射能濃度の比が自然放射性核種由来の比と同程度である場合は適用できない。

① 基準 β/α 比の設定

過去数年間のダストモニタによる 1 時間測定値の β/α 比を図 F-1 に示す。平均値を算出し、基準 β/α 比を設定する。

② 自然全 β 放射能推定値の算出

全 α 放射能濃度の 1 時間測定値と基準 β/α 比の積から、自然全 β 放射能推定値を算出する。

③ 人工全 β 放射能推定値の算出

全 β 放射能の 1 時間測定値から自然全 β 放射能推定値を差し引きした人工全 β 放射能推定値を図 F-2 に示す。図 F-2 より、約 1 Bq/m³ の人工放射性核種による寄与を弁別できると考えられる。

評価式

$$\text{全 } \alpha \text{ 放射能測定値} \times \text{基準 } \beta/\alpha \text{ 比} = \text{自然全 } \beta \text{ 放射能推定値}$$

$$\text{全 } \beta \text{ 放射能測定値} - \text{自然全 } \beta \text{ 放射能推定値} = \text{人工全 } \beta \text{ 放射能推定値}$$

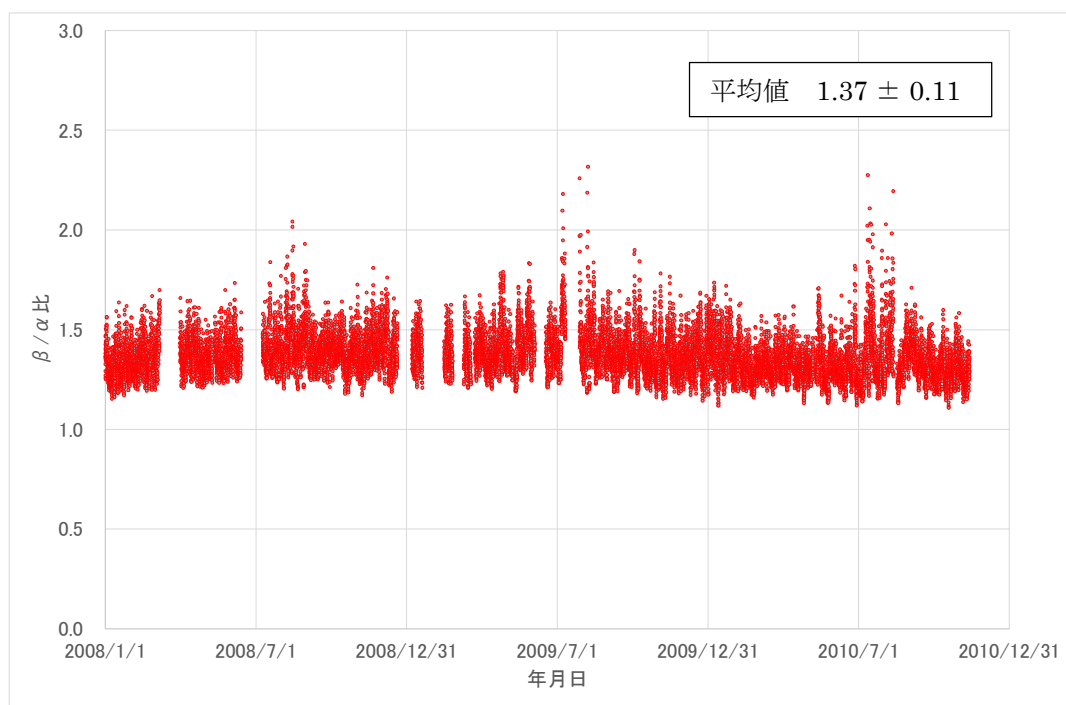


図 F-1 β/α 比の平均値の評価例

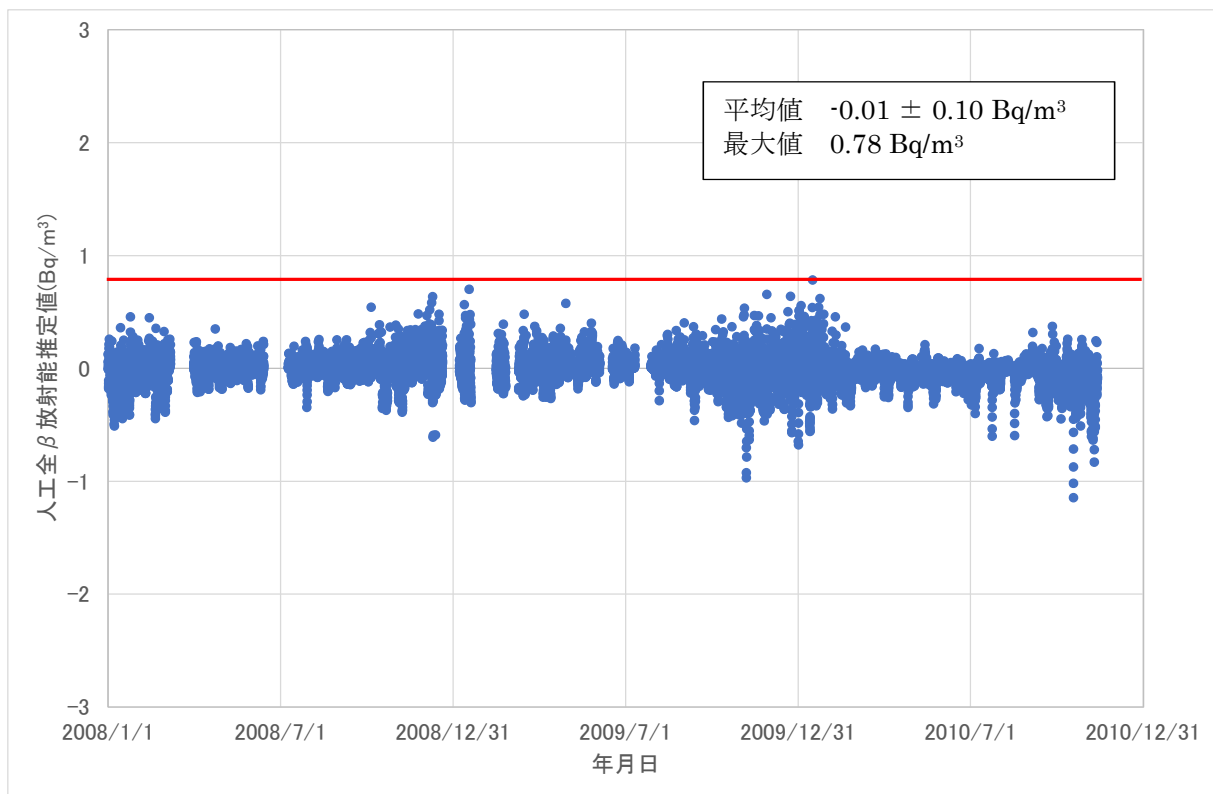


図 F-2 人工全β放射能推定値の評価例

東京電力福島第一原子力発電所事故時の千葉県千葉市におけるダストモニタの測定値から、人工放射性核種の寄与分を評価した例を図F-3に示す。3月15日以降の全β放射能の上昇分を、推定人工全β放射能として概ね評価することができている。

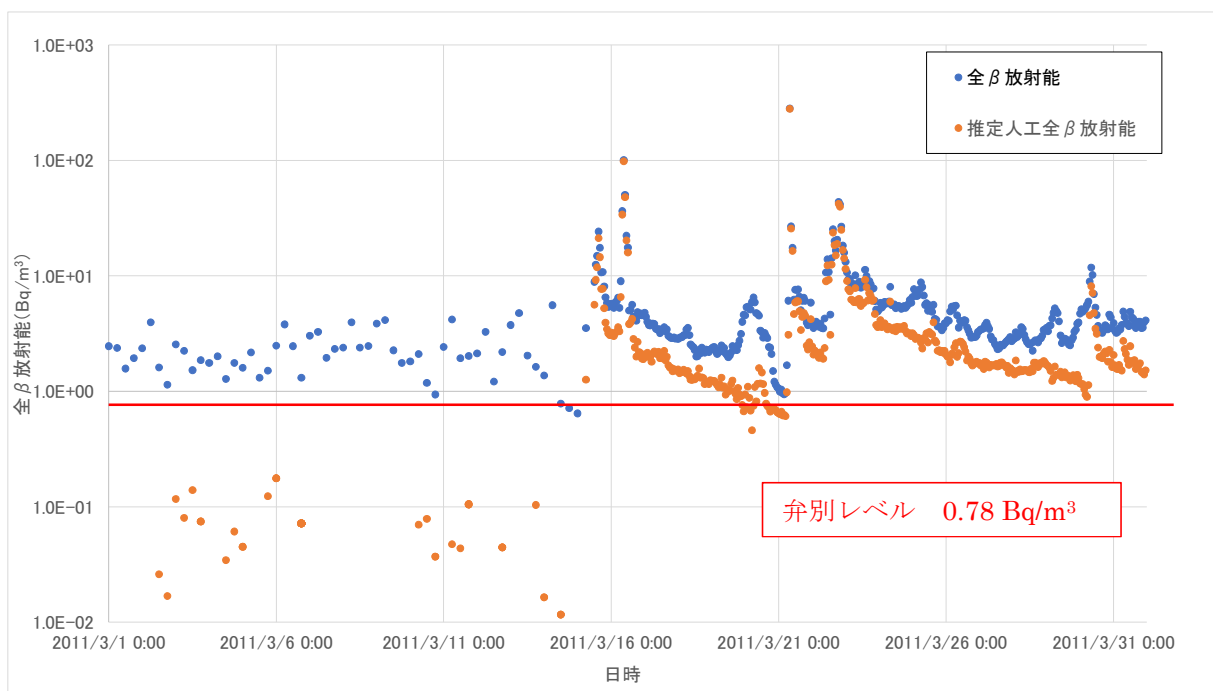


図 F-3 東京電力福島第一原子力発電所事故後における人工全β放射能推定値の評価例
 ※2011年3月15日12:00以前は6時間測定値、以降は1時間測定値、人工全β放射能は正の値のみを表示

F.2 α β 同時計数を用いた方法

ウラン系列のラドンの壊変生成物である ^{214}Bi (半減期：約 20 分) の β 壊変と、 ^{214}Bi の壊変生成物である ^{214}Po (半減期：約 160 マイクロ秒) の α 壊変はほぼ同時に起こるため、 α 線及び β 線がほぼ同時に放出される (図 F-4)。

人工放射性核種の影響がない場合、それらによる α β 同時計数率と、 α 線計数率 (全 α 計数率) には強い正の相関があることを利用して、回帰式により自然放射性核種による α 線計数率 (自然 α 計数率) を推定することができる (図 F-5)。全 α 計数率から自然 α 計数率を差し引くことにより、人工放射性核種による α 線計数率を求めることができ、人工放射性核種寄与分を弁別することができる。ただし、トリウム系列核種からの寄与が大きい場合、同時計数されない割合が多くなることにより、弁別能力が若干低下する可能性がある。

外川らの評価によると、人工放射性核種 (α 線核種) の影響を判別できるレベルを 1.3 Bq/m^3 にすることができたとしている (図 F-6)。

また、この手法は、推定人工 α 放射能濃度と同様、推定人工 β 放射能濃度を推定することにも有効である。

評価方法

$$\text{推定自然 } \alpha \text{ 計数率 (s}^{-1}\text{)} = a \times \text{実測 } \alpha \beta \text{ 同時計数率 (s}^{-1}\text{)} + b$$

a, b: 回帰式により求めた定数

↓

推定自然 α 放射能濃度 (Bq/m^3) を、推定自然 α 計数率 (s^{-1}) から計算

↓

推定人工 α 放射能濃度 (Bq/m^3)

$$= \text{実測 } \alpha \text{ 放射能濃度 (Bq/m}^3\text{)} - \text{推定自然 } \alpha \text{ 放射能濃度 (Bq/m}^3\text{)}$$

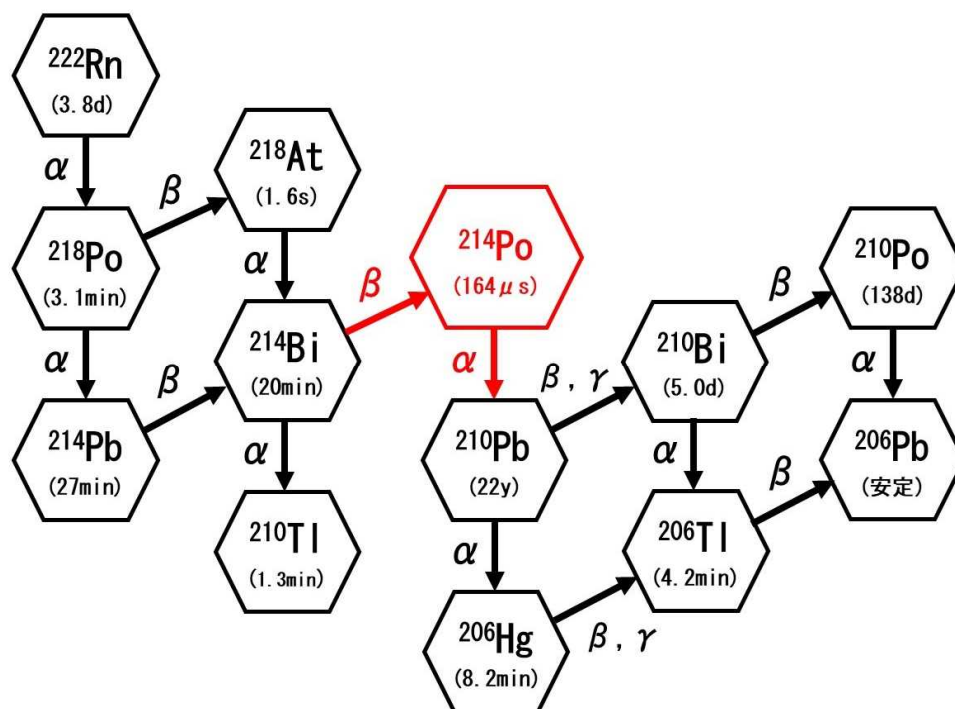


図 F-4 壊変図

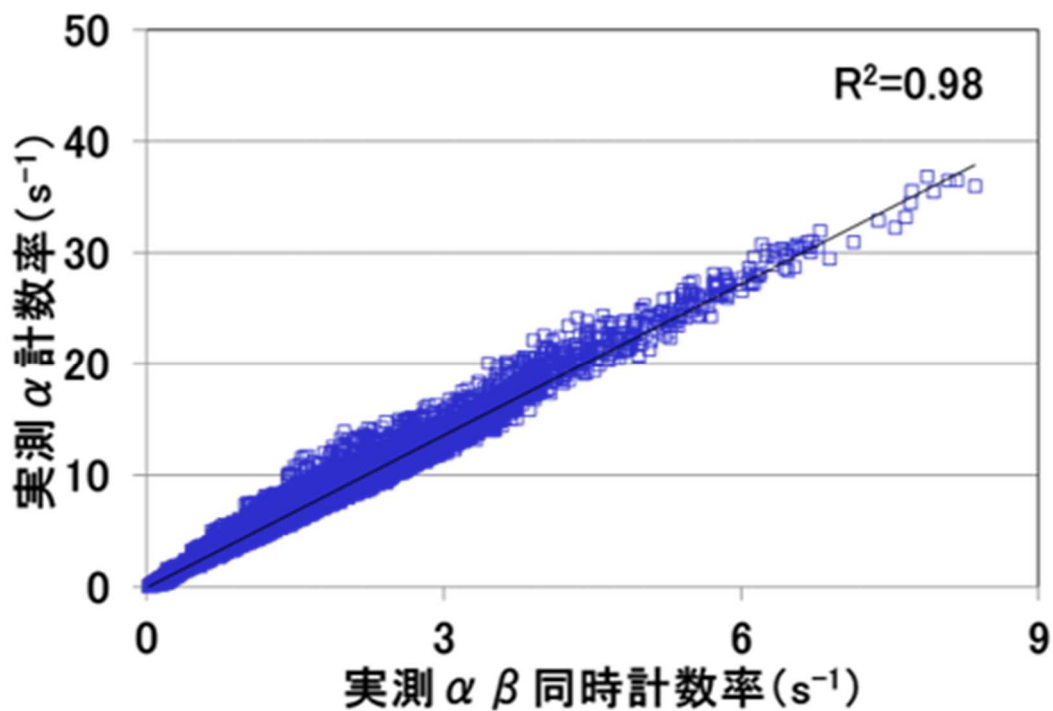


図 F-5 α β 同時計数率と全 α 計数率の相関図の評価例

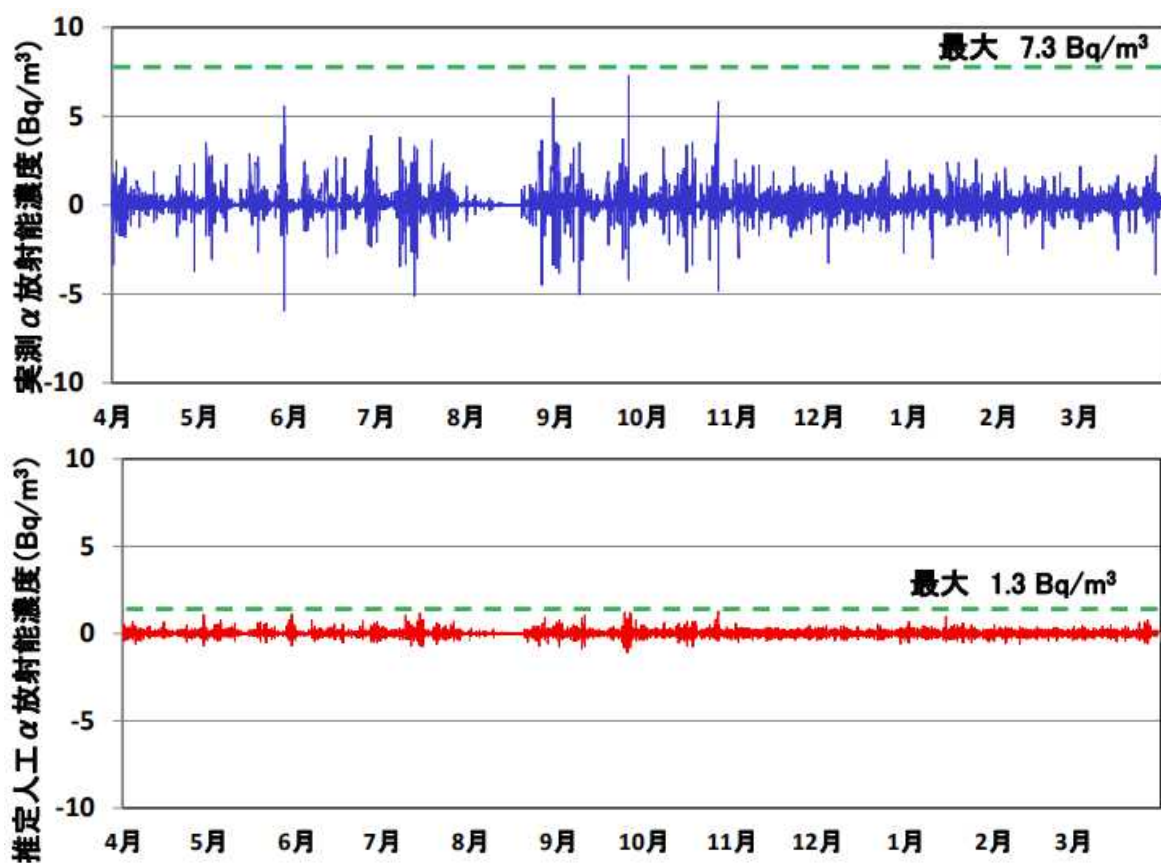
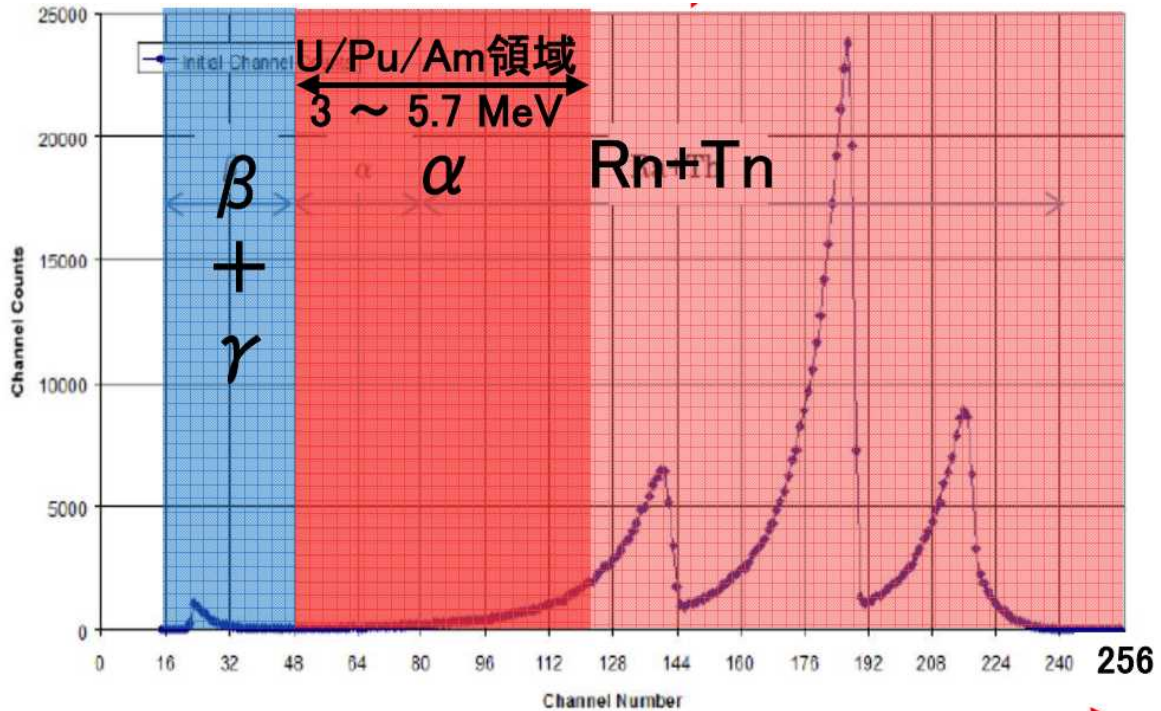


図 F-6 推定人工 α 放射能濃度の評価例
 (上：実測 α 放射能濃度の経時変化、下：推定人工 α 放射能濃度の経時変化)
 外川ら, 日本保健物理学会第 52 回研究発表会, 2019

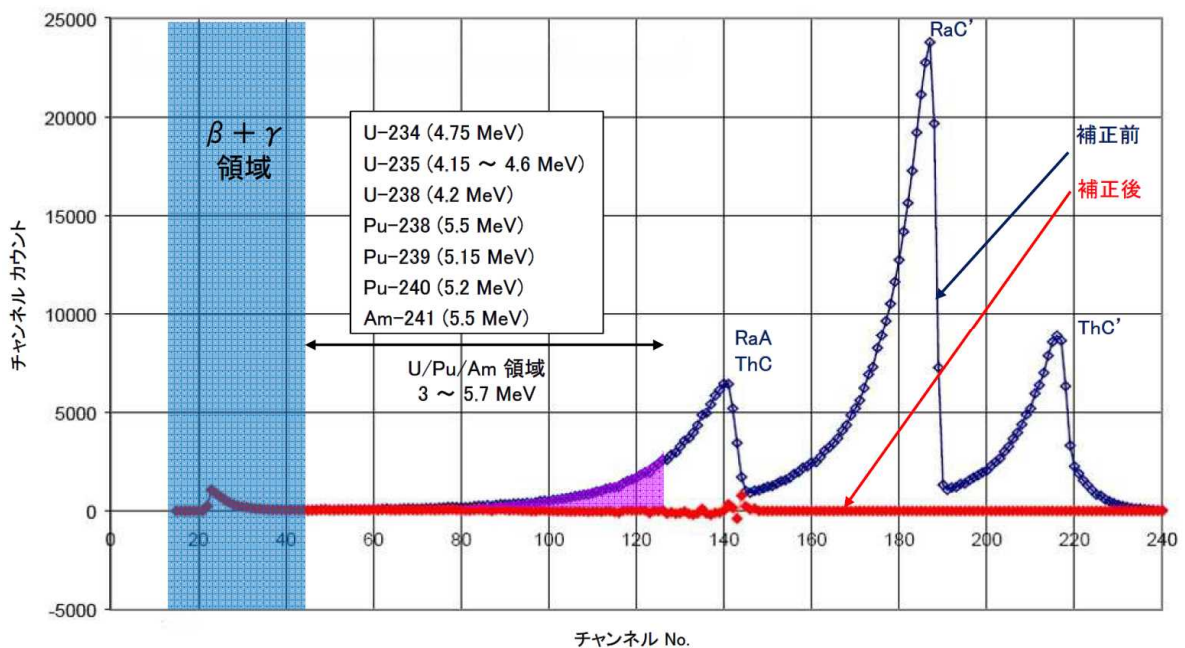
F.3 スペクトル解析を用いた方法

シリコン半導体検出器で測定したスペクトルの解析により、図F-7及び図F-8のようにラドン・トロン壊変生成物（自然放射性核種）の影響を補正することで、人工放射性核種による全 α 放射能濃度及び全 β 放射能濃度も測定することが可能である。

人工放射性核種による全 α 放射能濃度及び全 β 放射能濃度の弁別レベルを1 Bq/m³以下とすることができる製品もある。



図F-7 シリコン半導体検出器で測定したスペクトル例



図F-8 スペクトル解析による人工放射性核種寄与分の評価

メーカー提供資料

F.4 基準化計数を用いた方法

1 はじめに

基準化計数は、ダストモニタから得られる全 α や全 β 計数値を過去の平均値で除して基準化することにより作成されるが、I-131やCs-137等の人工放射性核種に比べ、半減期の短い天然放射性核種であるラドン等崩壊生成物が常時存在していることを前提とし、大気中浮遊じん放射能を監視するために考案した指標値である。

大気中浮遊じん放射能の監視では、全 α と全 β の基準化計数の比が天然放射能のみの場合はほぼ「1」になることを基に、これらの比の変化や余剰計数値から推定した人工全 β 放射能濃度の上昇から人工混入の可能性を判断している。

2 福井県で使用しているダストモニタ諸元

福井県では、以下のダストモニタを使用して監視を行っているが、出力項目は単なる積算計数や積算流量であり、基準化計数の演算や警報の発報はテレメータシステムにより行っている。

- ・測定方式 : 吸引・計測同時測定
- ・ろ紙送り方式 : 3時間間欠ろ紙送り
- ・検出器 : ZnS (Ag) + プラスチックシンチレータ
- ・捕集ろ紙 : HE-40T
- ・吸引流量率 : 100 L/min (流量制御あり)
- ・測定項目 : ろ紙送りからの積算計数値 (α 、 β 、 $\alpha\beta$ 同時)、ろ紙送りからの積算流量
- ・データ収集間隔 : 10分ごと

3 基準化計数の作成手順及びその考え方

以下に、基準化計数の具体的な作成手順を示しながら、その基となる原理や考え方を説明する。

(1) データ処理の基本フロー

図1は、ろ紙送りからのろ紙上の放射能の変化を模式的に示したもので、①は人工放射能 (I-131) を想定して半減期を8日、②はラドン等崩壊生成物を想定し半減期を30分としている。①と②の変化の違いは、ダストモニタから得られる計数値を大気中浮遊じん放射能濃度に換算するには別の換算が必要になることを意味しており、ここに示す方法は、まず②をベースに計数値を大気中浮遊じん放射能濃度レベルに換算し、そこから得られる余剰計数値を元に、①をベースとして人工の全 β 放射能濃度を推定している。

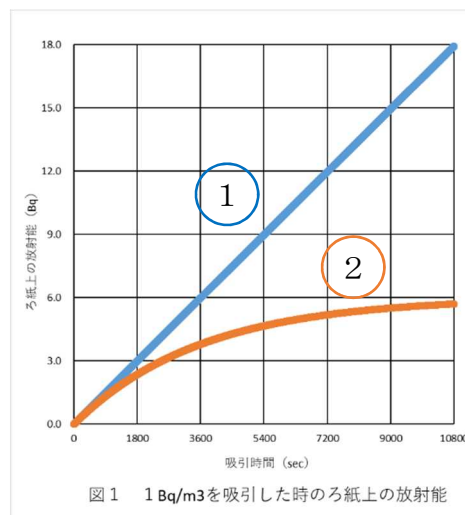


図1 1 Bq/m³を吸引した時のろ紙上の放射能

(2) 局ごとの過去データ標本による基礎統計値の作成

周辺の地形等の違いにより、天然の大気中浮遊じん放射能濃度の状況は観測局によって異なるため、ここで説明する手順は、全て局ごとに処理を行う必要がある。

手順① 過去の人工影響のない期間について、ろ紙送りからの全 α 積算計数値を变量X、全 β 積算計数値を变量Yの標本とし、ろ紙送りからの経過時間ごとに、1次回帰式を求める。

- ・このとき、それぞれの積算計数値は、吸引していないときのバックグラウンド計数値を含めた積算計数値とする。後で全 β 積算計数値から切片を差し引くが、切片

には β のバックグラウンド計数値（約 20 cpm）が支配的に含まれているほか、ろ紙待機中の汚染による影響も含まれる可能性がある。このため、初めに全 β 積算計数値からバックグラウンド計数値を引くことは行わず、未知の影響も含め、切片として差し引くこととしている。

- ・2019年度の全データ（約 2900 サンプル）で、ろ紙送りからの経過時間ごとに1次回帰を行うと表1のようになる。どの経過時間においても非常に高い相関関係（全局では相関係数ほぼ 0.98 以上）がある。一方、各平均値、傾き、切片は経過時間に依存して一定ではない。

表1 全 α 積算計数値（X）と全 β 積算計数値（Y）の相関関係 $Y=A \times X+B$

（2019年度 浦底局）

ろ紙送りからの経過時間	10分	20分	30分	・・・	60分	・・・	180分
全 α 計数平均値（X _m ）	217.631	708.047	1460.268	・・・	5023.957	・・・	28918.619
全 β 計数平均値（Y _m ）	748.018	2313.905	4679.316	・・・	15459.767	・・・	83465.825
1次回帰式の傾き（A）	2.43042	2.64910	2.76874	・・・	2.83175	・・・	2.74468
1次回帰式の切片（B）	219.082	438.219	634.743	・・・	1233.176	・・・	4093.545
相関係数（r）	0.9923	0.9958	0.9968	・・・	0.9973	・・・	0.9973

手順② 手順①の標本に対し、ろ紙送りからの経過時間ごとに、変量Yから切片Bを差し引いて新たな変量Y'とし、新たな標本を設定する。（表2）

- ・新たな変量Y'の平均値Y'_mは、平均値Y_mより差し引いた切片Bだけ小さくなる。
- ・傾きAは変化しないが、切片Bは「0」になり、回帰直線は原点を通る。

表2 全 α 積算計数値（X）と切片を差し引いた

全 β 積算計数値（Y'）の相関関係 $Y' = A \times X$

ろ紙送りからの経過時間	10分	20分	30分	・・・	60分	・・・	180分
全 α 計数平均値（X _m ）	217.631	708.047	1460.268	・・・	5023.957	・・・	28918.619
切片差し引き後の全 β 計数の平均値（Y' _m ）	528.936	1875.686	4044.573	・・・	14226.591	・・・	79372.280

1 次回帰式 の傾き (A)	2. 43042	2. 64910	2. 76874	• • • • • .	2. 83175	• • • • • .	2. 74468
相関係数 (r)	0. 9923	0. 9958	0. 9968	• • • • • .	0. 9973	• • • • • .	0. 9973

手順③ 表1の平均値 X_m 及び切片 B、表2の平均値 Y'_m を過去データの標本における基礎統計値とし、局ごと、ろ紙送り経過時間ごとにシステムにデータベース化する。

解説 a 基準化による標本空間

手順②の標本に対し、ろ紙送りからの経過時間ごとに、変数 X をその平均値 X_m で除して新たな変数 X'' 、切片 B を差し引いた変数 Y' をその平均値 Y'_m で除して新たな変数 Y'' とする。これら新たな変数 X'' 及び Y'' について平均値を求めると、両者とも平均値は「1」になる。

- ・統計学の定理では、ある標本の平均値でその標本を成す各変量を割った場合、各変量は必ず平均値「1」の標本となる。（ここで行う基準化の定義）

このため、この新たな標本は、全ての経過時間において、1 次回帰式が原点と (1, 1) の点を通る、つまり $Y'' = 1 \times X'' + 0$ の関係に置き換えられる。

- ・統計学の定理では、変数 X と変数 Y の回帰直線は、必ず変数 X と変数 Y の平均値の交点を通る。

よって、基準化した全 α 及び全 β 積算計数は、相関係数 0.98 以上という非常に高い相関関係を持ちながら、ろ紙送りからの経過時間に関係なく、平均値「1」、それらの比がほぼ「1」で推移することが期待できる。

解説 b 基準化計数 = 1 の意味

手順①及び②の変数 X や変数 Y' は大気中浮遊じん放射能濃度に依存している。

一方、大気中浮遊じん放射能濃度の周期的な変化として、短期的には夜間の大気の安定による日周期の変化、長期的には季節変動による変化がある。

長期間の大気中浮遊じん放射能濃度の時系列変化を、ろ紙送り間隔である 3 時間等の短い時間のサンプルに分割し、さらに個々のサンプル中をデータ送信間隔である 10 分ごとにグループ分けした場合、データ採取期間が十分長ければ、短期的な濃度変化、天候や季節による濃度の高低差は相殺され、グループごとの放射能濃度平均値はその期間の平均濃度に均一化される。つまり、手順①及び②の平均値 X_m 、 Y'_m を考えるとき、これらは過去データ採用期間における大気中浮遊じん放射能濃度平均値の全 α 、全 β 積算計数値であることが期待できる。

よって、これらを基にした基準化計数の「1」は、その観測地点における過去の平均濃度に値することを意味しており、基準化計数は、ろ紙送りからの経過時間に依存せず、過去の大気中浮遊じん放射能の平均濃度の倍数、つまり相対濃度を表す指標値として取り扱うことができる。

解説 c ラドン・トロン壊変生成物の濃度

手順①～③及び解説 a, b は、天然放射性核種がラドン・トロン壊変生成物であることを前提としてきたが、これらの濃度換算は以下の点で難しい。

- ・ラドン・トロン壊変生成物の各核種は、どのような濃度、どのような比で存在しているか、その動態が環境によって多様であり、測定も難しいため、値付けが困難であること。
- ・ラドン・トロン壊変生成物の出す α 線や β 線のエネルギーに合った標準線源がないこと。

なお、手順①、②で求めた積算計数の平均値 X_m や Y'_m は、図 1 のモデル化したグラフ②とその時間軸（横軸）の間の面積に対応しており、グラフ②のろ紙上放射能が頭打

ちしていく特徴は、平均値 X_m や Y'_m の変化から確認できる。

このため、ラドン・トロン壊変生成物の真の濃度を知ることは難しいが、図1のグラフ②に相当するベースを積算計数の平均値 X_m や Y'_m が作成しており、基準化計数は天然の大気中浮遊じん放射能を相対濃度として捉え、濃度変化の把握を可能としている。

(3) 現在時刻の大気中浮遊じん放射能濃度の監視

次に、収集される測定値の監視方法について説明するが、現在あるいは未来の測定データの標本が(2)で対象にした過去の標本と同じであることを前提にしている。データ処理では、手順③で局ごと、ろ紙送り経過時間ごとにデータベース化した基礎統計値を使用する。

手順④ 現時刻の全 α 積算計数値について、過去の平均値 X_m で除して基準化計数(基 C_α)を算出し、現在の全 α 放射能濃度レベルとする。

手順⑤ 現時刻の全 β 積算計数値について、過去の切片Bを差し引き後、過去の平均値 Y'_m で除して基準化計数(基 C_β)を算出、現在の全 β 放射能濃度レベルとする。

- ・大気中浮遊じん濃度がきわめて低い場合、ろ紙送り直後では希に切片Bの方が大きくなり、基 C_β がマイナス値で算出される場合がある。

手順⑥ 基 C_β を基 C_α で除して現時刻の基準化計数比(基 C_β/α)を算出し、人工全 β 放射能の混入を探る尺度とする。

- ・基 C_β/α は、過去データの標本では平均値が「1」であり、現在の測定値が天然放射性核種のみによるものであれば、算出される基 C_β/α もほぼ「1」(経験的には 1.0 ± 0.2 程度に収まる)になることが期待できる。もし放射性ヨウ素や放射性セシウム等の β 線放出核種が混入した場合、基 C_β/α は通常よりも高く変化する。なお、濃度レベルが低い場合には、比のバラツキが大きくなることを考慮しておく必要がある。

解説d 積算流量による補正

通常、ダストモニタの吸引流量率が一定に制御されていれば問題にならないが、積算流量のバラツキが大きい場合、手順①～⑥の処理は流量のバラツキを補正することが望ましい。

手順⑦ 基 C_α を天然のみの放射能濃度レベルと見なし、基 C_β/α の期待値が「1」になることを前提にすると、推定の人工全 β 放射能による余剰積算計数値(ZC_β)は以下の式となる。

$$ZC_\beta = (\text{基}C_\beta/\alpha - 1) \times \text{基}C_\alpha \times Y'_m$$

Y'_m : 当該ろ紙送り経過時間における切片差し引き後の過去 β 積算計数
平均値

手順⑧ ZC_β を元に、現時刻における推定人工全 β 放射能濃度(A_β)は以下の式となる。
(図1のグラフ①をベース(半減期が十分に長い核種を対象)にした濃度換算式)

$$A_\beta = 2 \times ZC_\beta \div E_F \div E_{C1} \div E_\beta \div (t \times 60) \div (D_F / 1000)$$

[Bq/m³]

ZC_β : 推定される人工全 β 放射能による余剰積算計数値

×2 : 吸引・計測同時測定の場合に必要な積算計数値の重み定数

E_F : ダストモニタの捕集効率(≒0.77)

E_{C1} : 校正線源C1-36による検出器の計数効率(≒0.21)

E_β : ろ紙の β 線発現効率(=1.0)

t : ろ紙送りからの経過時間(分)

D_F : ろ紙送りからの積算流量(L)

補足1 : ダストモニタの捕集効率 E_F は、大気浮遊じんに対するHE-40Tの

捕集効率（≒0.85）とモニタ気密機構のリーク分を考慮した効率（≒0.9）の積。

補足2：Cl-36のβ線エネルギー（0.709MeV）はI-131のβ線エネルギー（0.606 MeV）と近いため、 A_{β} をI-131と見なした濃度と捉えることができる。

解説e αβ同時計数による全α放射能の監視

福井県ではラドン崩壊生成物のPo-214を対象にしたαβ同時計数を計測し、その基準化計数も監視の補足情報としている。これまでの経験では、全α計数、全β計数、αβ同時計数、それぞれの基準化計数の変化はよく一致しており、燃料加工施設等において全αを監視対象とする場合、αβ同時計数の基準化計数を天然分の指標とすることは可能と思われる。

なお、αβ同時計数の基準化はこれまで説明してきた手順で行えるが、αβ積算同時計数を変量X、全α積算計数を変量Yとしても、両者のバックグラウンド計数は吸引した放射能による計数より十分に小さいため、全β積算計数のように切片を差し引く操作は行っていない。

4 基準化計数による監視状況

(1) 時系列データの例

図2は、浦底局で基準化計数が2020年度の最高値を記録したときの10分値時系列データである。なお、2020年度のデータは、2019年度の統計値を元に基準化している。

全α、全β、αβ同時の基準化計数は約0.5~13の幅で変化しているが、よく一致している。基準化計数β/α比は「%」表示としているが、100±20%以内に収まっている。推定の人工全β放射能濃度は「ダストヨウ素等価濃度」の名称で表示しているが、±5 Bq/m³の範囲に収まっている。

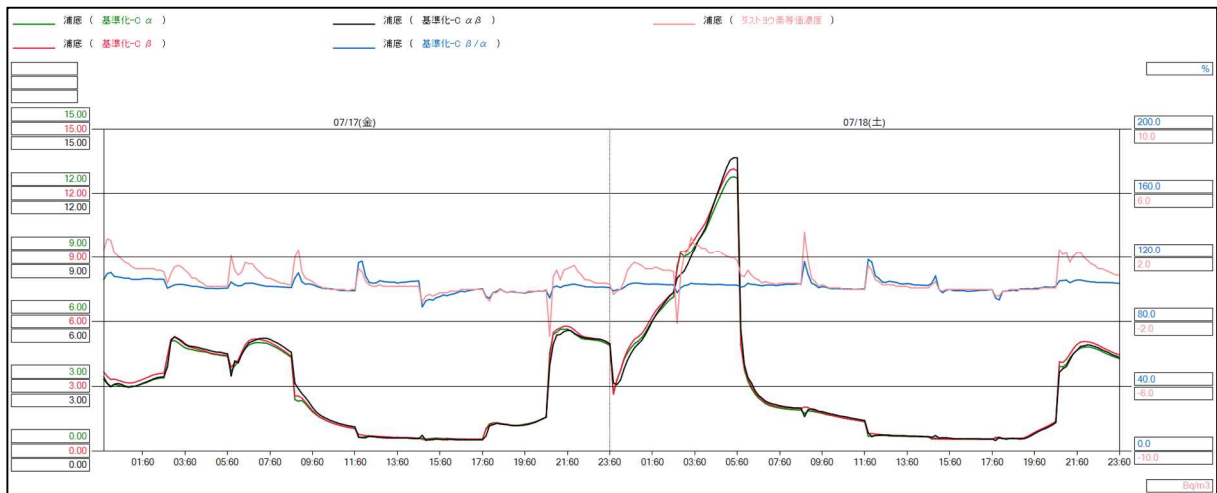


図2 浦底局における時系列監視データ（2020 7/17~7/18）

(2) 2020年度の監視結果統計値

表3は、福井県の11観測局について、1時間値の年間統計値を示したものであり、局によるバラツキは幅で示している。また、基準化計数β/α比や推定人工全β放射能濃度を評価する場合、ろ紙送りの直後であるほど積算計数値は小さく、バラツキは大きくなり、評価上の閾値も大きくなるため、ろ紙送り直後の1時間値の統計値も併せて示した。

平常の変動幅を平均値±3倍の標準偏差とした場合、基準化計数β/α比を見ると、全局で100±20%程度で安定している。また、推定人工全β放射能濃度は2 Bq/m³程度に収まっている。局によっては天然放射能濃度レベルが高いときに推定人工全β放射能濃度が5 Bq/m³を超えたが、そのときの基準化計数β/α比は大体120%以内であり、自然変動による

ものと判断できる状況である。

表3 基準化計数による年間監視結果 (2020年度 1時間値)

	最大値	最小値	平均値	標準偏差
基準化計数 α	3.87~18.39	0.03~0.07	0.89~0.93	0.51~0.86
基準化計数 β	3.81~18.48	0.02~0.05	0.91~0.94	0.52~0.89
基準化計数 α/β	3.83~19.88	0.03~0.05	0.89~0.93	0.51~0.84
基準化計数 β/α 比 (%) (全1時間値)	121.3~133.3	56.4~80.6	99.2~103.0	5.2~6.7
基準化計数 β/α 比 (%) (ろ紙送り直後の1時間 値)	121.3~133.3	56.4~82.7	99.2~103.2	5.5~6.9
推定人工全 β 濃度 (Bq/m ³) (全1時間値)	2.1~6.4	-1.2~-4.6	-0.0~0.1	0.3~0.5
推定人工全 β 濃度 (Bq/m ³) (ろ紙送り直後の1時間 値)	2.1~6.4	-1.2~-4.6	-0.0~0.2	0.4~0.6

私信

F.5 アンフォールディングによる方法

NaI(Tl)シンチレーション検出器で測定した γ 線の波高スペクトルを、検出器の応答関数を用いてアンフォールディングすることにより、人工放射性核種の大気中放射能濃度を評価することができる。アンフォールディングとは、検出器の応答関数を用いて、波高スペクトルからエネルギースペクトルを導出するための手法であり、放射性核種の定性及び定量の精度を向上させることができる（図F- 及び図F- ）。

本手法における人工放射性核種の決定しきい値の評価例を表F-に示す。

データ掲載許可申請中

第 2 部 緊急時における大気中放射性物質測定

目 次

第2部 緊急時における大気中放射性物質測定

第1章 序論.....	105
第2章 基本事項及び適用範囲.....	106
2.1 測定の目的.....	106
2.2 使用機器及び使用の流れ.....	107
第3章 大気モニタによる連続測定.....	113
3.1 機器.....	113
3.2 大気捕集材.....	114
3.3 設置、校正、点検.....	114
3.4 測定.....	115
3.5 測定結果の評価.....	117
第4章 大気モニタにより採取した大気試料の分析.....	119
4.1 ろ紙の回収.....	119
4.2 前処理.....	121
4.3 分析.....	122
4.4 分析結果の評価.....	124
4.5 試料保管.....	124
第5章 ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析.....	125
5.1 採取～分析.....	125
第6章 ダストサンプラによる大気試料の採取～分析.....	126
6.1 機器及び大気捕集材.....	126
6.2 設置、点検.....	126
6.3 採取.....	126
6.4 前処理.....	130
6.5 分析.....	133
6.6 分析結果の評価.....	133
6.7 試料保管.....	133
解説.....	134
解説A 大気モニタの測定範囲.....	135
解説B 東京電力福島第一原子力発電所事故の影響評価例.....	136

第 1 章 序論

緊急時モニタリングは、原子力災害対策指針（原子力規制委員会、令和2年10月28日一部改正）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」と記載している。

緊急時モニタリングの具体的な実施内容については、「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、令和元年7月5日一部改訂）（以下「緊急時補足参考資料」という。）に定めており、大気中放射性物質の濃度の測定は、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、②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を目的として行う。

第 2 部では、緊急時モニタリングとして実施する、大気モニタによる連続測定、大気モニタにより採取した大気試料の採取～分析、ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析（概要のみ記載）、ダストサンプラによる大気試料の採取～分析についての測定手順を記載している。

第 2 章 基本事項及び適用範囲

2.1 測定の目的

緊急時モニタリングでは、緊急時補足参考資料に基づき、以下の目的で大気中の放射性物質の濃度の測定を実施する。

- 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
- ②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

この目的のために、時間的に連続した大気中放射能濃度の変化の把握が可能な大気モニタやガス状及び粒子状ヨウ素について連続的にサンプリングし、一定の時間ごとにろ紙及び活性炭カートリッジを交換するオートサンプルチェンジャー付きヨウ素サンプラによる測定体制の整備により、放射性物質の広がりを確認するとともに被ばく評価に活用する。

また、核燃料施設における事故（臨界事故及び再処理施設における使用済燃料貯蔵設備の事故を除く。）の対応のためには、大気モニタ、ダストサンプラ等により、主として α 線放出核種について時間的に連続した大気中放射性物質の濃度の変化の把握が可能な体制を整備する。

表 2-1 に緊急事態の区分に応じた緊急時モニタリングの対応を示す。

表 2-1 緊急時モニタリングの対応

緊急事態の区分	モニタリングの状況	機器の対応
情報収集事態	平常時モニタリング	機器異常等の確認
警戒事態	緊急時モニタリングの準備	機器異常等の確認
		起動準備
施設敷地緊急事態	緊急時モニタリング	起動*
全面緊急事態		

*施設の状況に応じて、緊急時モニタリング実施計画に基づき起動

2.2 使用機器及び使用の流れ

緊急時モニタリングで使用する機器を示す。各機器の詳細については、各章に示す。これらの機器は、日常及び定期点検を行い、緊急時に迅速に使用できるように整備しておく必要がある。また、それらを取扱う要員は、動作確認方法について教育訓練等により事前に習得しておく必要がある。

2.2.1 大気モニタ

(1) 機器の概要

大気モニタは、大気浮遊じんをろ紙に採取しながら、大気浮遊じん中の放射能濃度を連続測定する機器である。

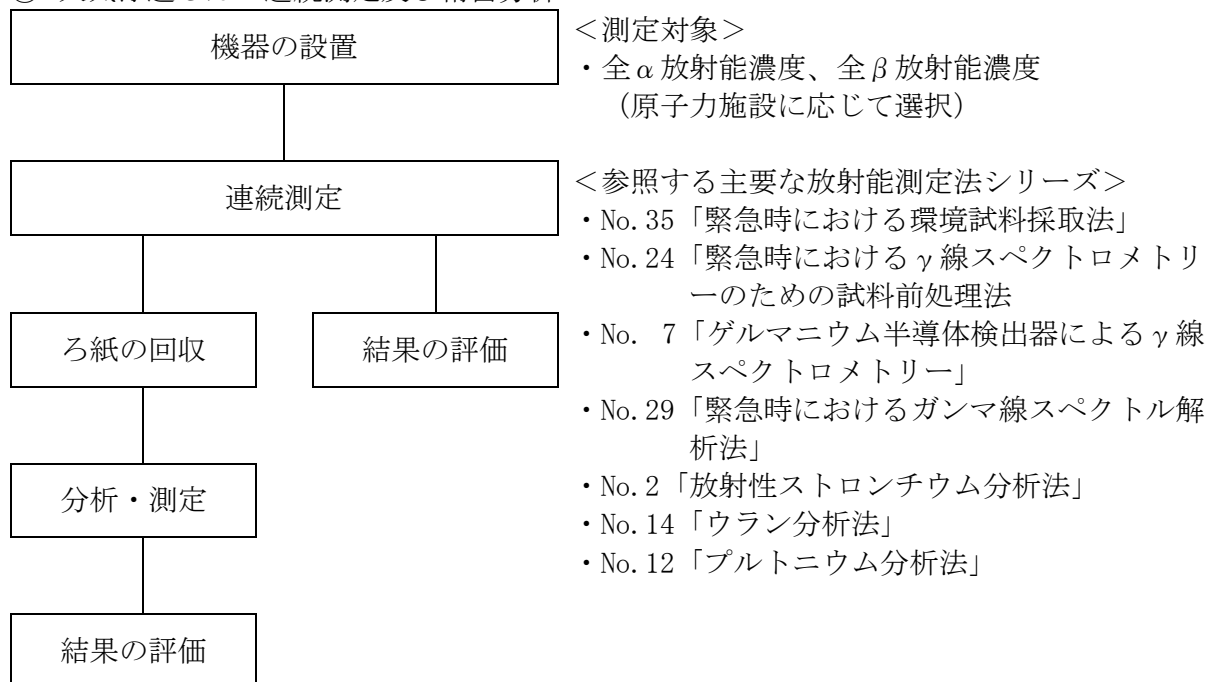


図 2-1 大気モニタの例

(2) 使用の流れ

大気モニタの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

① 大気浮遊じんの連続測定及び精密分析



2.2.2 ヨウ素サンプラ

(1) 機器の概要

ヨウ素サンプラは、大気中の放射性ヨウ素（粒子状及びガス状）をガラス繊維ろ紙等及び活性炭カートリッジに採取するための機器である。緊急時にはオートサンプルチェンジャー付きのヨウ素サンプラを使用する。

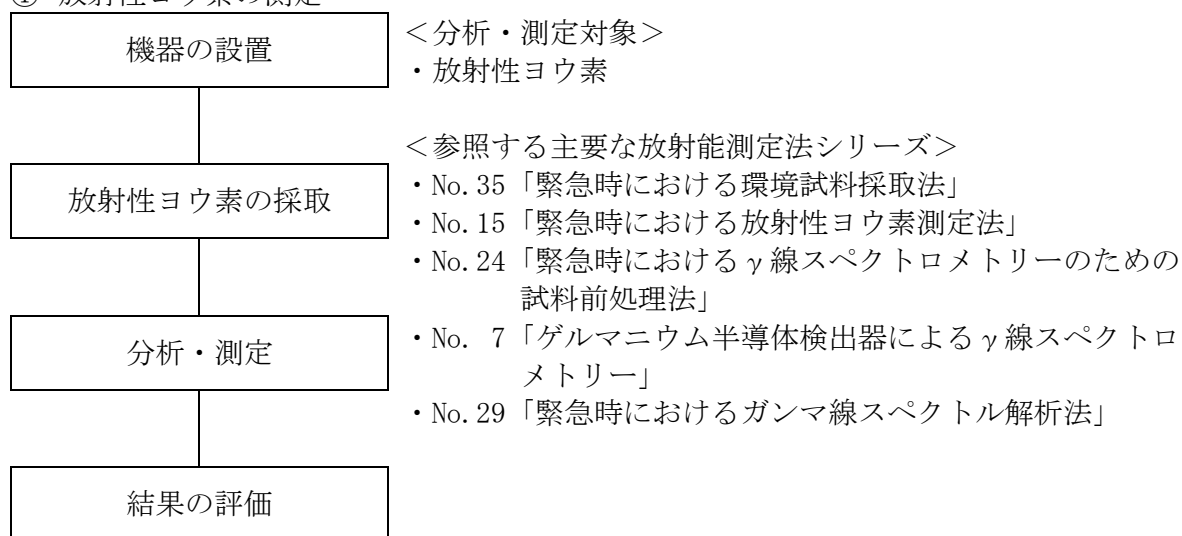


図 2-2 ヨウ素サンプラ（オートサンプルチェンジャー付き）の例

(2) 使用の流れ

ヨウ素サンプラの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

① 放射性ヨウ素の測定



2.2.3 ダストサンプラ

(1) 機器の概要

ダストサンプラは、大気浮遊じんをろ紙等に採取するための機器である。

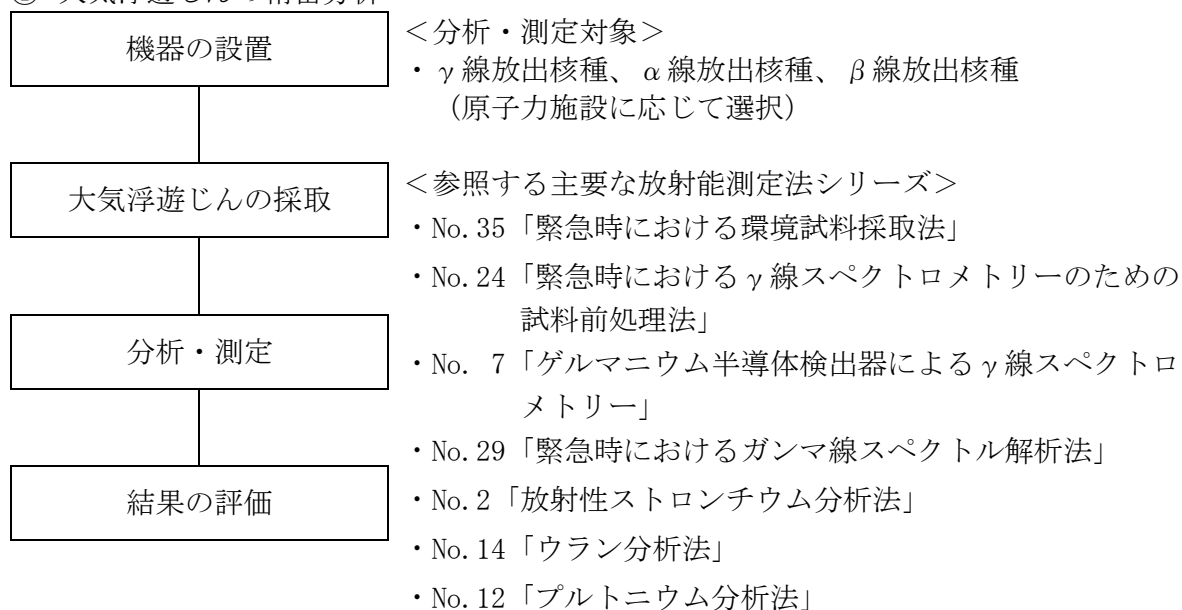


図 2-3 ダストサンプラの例

(2) 使用の流れ

ダストサンプラの使用の流れを示す。また、参照する主要な放射能測定法シリーズを示す。

① 大気浮遊じんの精密分析



第 3 章 大気モニタによる連続測定

3.1 機器

3.1.1 機器の分類

大気モニタの分類を表 3-1 に示す。

表 3-1 大気モニタの分類

分類	定義
(1) α 線大気モニタ	大気浮遊じんからの α 線を測定する大気モニタ
(2) β 線大気モニタ	大気浮遊じんからの β 線を測定する大気モニタ

3.1.2 測定対象

全 α 放射能濃度又は全 β 放射能濃度を測定する。大気モニタでは、 α 線放出核種濃度又は β 線放出核種濃度を定量することはできない。

3.1.3 機器の選定

緊急時補足参考資料に記載されている原子力施設及び事故形態に応じて選定する大気モニタを表 3-2 に示す。

表 3-2 原子力施設及び事故形態に応じて選定する大気モニタ

原子力施設	事故形態	選定する大気モニタ
発電用原子炉施設	—	β 線大気モニタ
試験研究用等原子炉施設	—	β 線大気モニタ
ウラン加工施設	臨界事故	β 線大気モニタ
	UF ₆ 放出	α 線大気モニタ
プルトニウムを取り扱う加工施設	臨界事故	β 線大気モニタ
	大規模火災又は爆発	α 線大気モニタ
再処理施設	臨界事故	β 線大気モニタ
	大規模火災又は爆発	β 線大気モニタ
		α 線大気モニタ
	蒸発乾固	β 線大気モニタ

3.1.4 機器構成

大気モニタの機器構成は、ダストモニタ（第 1 部 3.1.4）と同様である。

3.1.5 検出器の種類と測定原理

検出器の種類を表 3-3 に示す。測定原理は、ダストモニタ（第 1 部 3.1.5）と同様であるが、平常時に使用するダストモニタと比較して高濃度測定に対応するため、機器効率が小さな検出器を使用している。

表 3-3 大気モニタの検出器及び測定濃度範囲

測定対象	検出器
α線	ZnS(Ag)シンチレーション検出器
	シリコン半導体検出器
β線	プラスチックシンチレーション検出器
	シリコン半導体検出器

3.1.6 機器仕様例

大気モニタの機器仕様例を表 3-4 に示す。

表 3-4 大気モニタの機器仕様例

項目	タイプ A	タイプ B	タイプ C
測定対象	α線	β線	α線、β線
検出器	ZnS (Ag) シンチレータ	プラスチックシンチレータ	シリコン半導体
測定濃度範囲*1	10 Bq/m ³ 以上	100 ~ 100,000 Bq/m ³	α線 : 10 Bq/m ³ 以上 β線 : 100 ~ 100,000 Bq/m ³
捕集材	セルロース・ガラス繊維		メンブレン
流量	50 L/min 程度		
ろ紙送り方式	間欠送り		
外部放射線の影響除去	鉛遮へい*2		

*1 測定濃度範囲を超えた場合でも、当該濃度以上の放射性プルームが存在することを確認できることとする。

*2 高線量下における測定を可能とするため。

3.2 大気捕集材

大気モニタで使用する大気捕集材は長尺ろ紙とし、α線大気モニタにはメンブレンろ紙のようなろ紙の目に放射性物質が入り込まないようなものを、β線大気モニタには機械的強度を有するセルロース・ガラス繊維ろ紙等を使用する。

基本仕様については平常時に使用するダストモニタと共通であるため、第 1 部 第 3 章 3.2 を参照すること。

3.3 設置、校正、点検

(1) 設置

設置のための基本事項は、平常時におけるダストモニタ（第 1 部 3.3.1）と同様であるが、大気モニタ固有の設置の考え方を以下に示す。

(A) 原子力施設からの距離及び方位

大気モニタは、緊急時補足参考資料では、対象とする原子力施設を中心とした 16 方位の各方位に対し、半径 5~10 km、10~20 km 及び 20~30 km の各区間に 1 箇所配置することを

基本としている（図 3-1）。当該区間に固定観測局がある場合には当該局舎内に設置する。

ただし、各方位とも、同一方位の大気モニタが同一直線上に設置されないよう留意する。

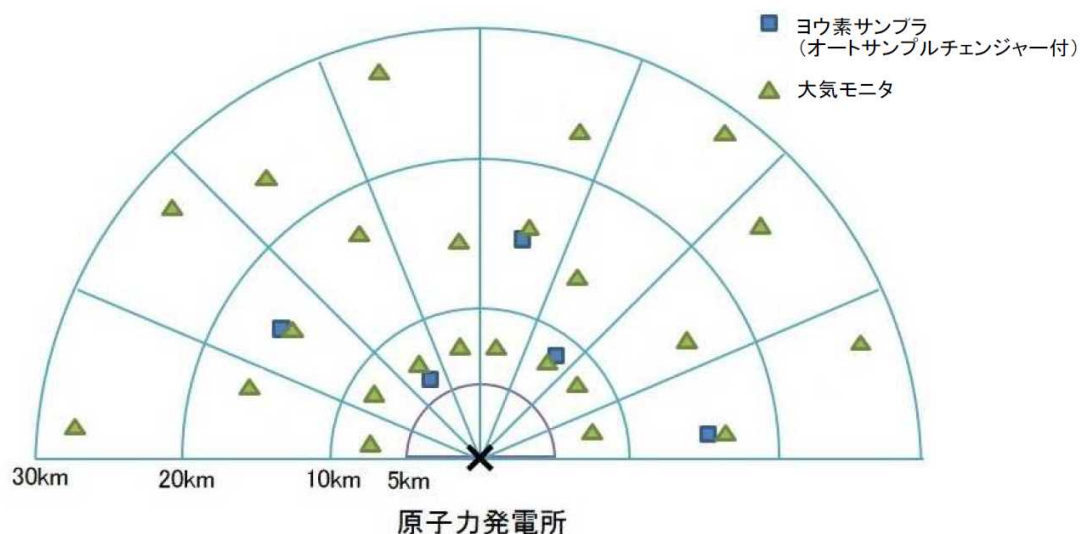


図 3-1 大気モニタ及びオートサンプルチェンジャー付きヨウ素サンプラの配置の例
緊急時補足参考資料

(B) 電源

商用電源が停電した場合を想定して、非常用発電機又はバッテリー等でバックアップ電源を確保し、大気モニタ起動後 3 日以上、燃料補給等をせずに連続で稼働できることとする。

(2) 校正

校正方法については、平常時におけるダストモニタと同様である（第 1 部 3.3.2）。標準線源は、表 3-5 に示す α 線源又は β 線源を使用する。

表 3-5 校正に用いる標準線源

線種	標準線源
α 線	Am-241
β 線	C1-36 又は T1-204

(3) 点検

大気モニタは平常時には稼働していないが、緊急時に迅速に使用することができるようにするため、月 1 回程度の日常点検及び年 1 回以上の定期点検を実施する。日常点検時にはバックグラウンドデータの取得も含めた動作確認試験を実施することが望ましい。

点検項目については、平常時におけるダストモニタと同様である（第 1 部 3.3.3）。

3.4 測定

(1) 起動

テレメータシステム等を用いた遠隔操作により、設置している全ての大気モニタを起動する。以降の操作についても、テレメータシステム等により遠隔操作する。

(2) 測定条件設定

大気モニタの測定条件を表 3-6 のように設定する。なお、測定条件は平常時からあらかじめ

め設定しておくこと。

表 3-6 大気モニタの測定条件

項目	測定条件
採取流量*	50 L/min 程度
ろ紙送り方式	間欠送り
採取時間* (ろ紙送り時間)	1 時間
測定位置	集じん位置
測定時間	10 分間

*計数の数え落とし等の影響により測定が適切に行えない場合には、採取流量を小さくしたり、採取時間を短くする等の測定条件の変更が必要である。また、設定したしきい値を超過したら、自動でろ紙送りを行うことができるように設定できることが望ましい。

(3) 測定開始

測定を開始する。

データ評価の観点から、測定開始時刻を正時（例：10 時 00 分、15 時 00 分 等）とできることが望ましい。

(4) 測定開始時の確認事項

積算流量が一定のペースで上昇していること、計数率が上昇していること及び 1 時間ごとのろ紙送りが行われていること等を確認し、正常に動作しているか判断する。

(5) データ伝送

少なくとも 10 分間に 1 回、テレメータシステムにデータ伝送する。

データ伝送項目は第 1 部 3.4 と同様である。

(6) 放射能濃度の計算

放射能濃度の算出は、ろ紙上に捕集された大気浮遊じんからの α 線又は β 線を検出部により測定し、直近 10 分間の計数率から、その前 10 分間の計数率を減じる等の方法により、大気中の放射能濃度（10 分間の瞬時値）を算出する。

放射能濃度は以下の式により計算する。

測定開始時及びろ紙送り後の最初の 10 分間

$$\text{放射能濃度 (Bq/m}^3\text{)} = \frac{\text{10 分間の計数率 (s}^{-1}\text{)}}{\text{機器効率} \times \text{10 分間の積算流量 (m}^3\text{)}}$$

それ以降（ろ紙送り後 10～60 分）の 10 分間

$$\text{放射能濃度 (Bq/m}^3\text{)} = \frac{\text{10 分間の計数率 (s}^{-1}\text{)} - \text{前 10 分間の計数率 (s}^{-1}\text{)}}{\text{機器効率} \times \text{10 分間の積算流量 (m}^3\text{)}}$$

なお、緊急時モニタリングにおいては大気モニタの測定値に含まれるバックグラウンド（ラドン・トロン壊変生成物）の影響は無視することとし、その差し引きや補正は行わな

い。

3.5 測定結果の評価

大気モニタの測定結果は、10分ごとの大気中の放射能濃度の増減を確認することを目的として、(1)及び(2)の方法により評価する。緊急時における測定結果の評価のためには、平常時から大気モニタ設置場所におけるバックグラウンドデータを取得しておくことが望ましい。

(1) 全 α 放射能濃度

10分ごとの測定値の差分により、当該時間の大気中の全 α 放射能濃度を把握し、設置地点周辺における原子力施設由来の α 線放出核種の有無を判断する。

(2) 全 β 放射能濃度

10分ごとの測定値の差分により、当該時間の大気中の全 β 放射能濃度を把握し、設置地点周辺における放射性プルームの有無を判断する。

2011年3月の福島第一原子力発電所事故時の茨城県内における全 β 放射能濃度の経時変化の測定例を図3-2に、3月15日の放射性プルーム到達時のデータを用いた10分ごとの測定値差分の評価例を図3-3に示す。図3-3から、10分ごとの測定値差分が上昇している時間帯において、放射性プルームが通過したことを確認することができる。図3-2及び図3-3は7日ごとにろ紙送りを行っているデータであるが、大気モニタは1時間ごとにろ紙送りを行うことで、大気中の放射能濃度の細かい変化を把握することができる。

全 β 放射能濃度は、自然放射性物質のみの寄与であっても、測定場所によっては大気モニタでの測定範囲としている100 Bq/m³を超えることがあるため注意が必要である。そのような場所でも、1000 Bq/m³を超える場合には、自然放射性核種による寄与を無視することができると考えられる、

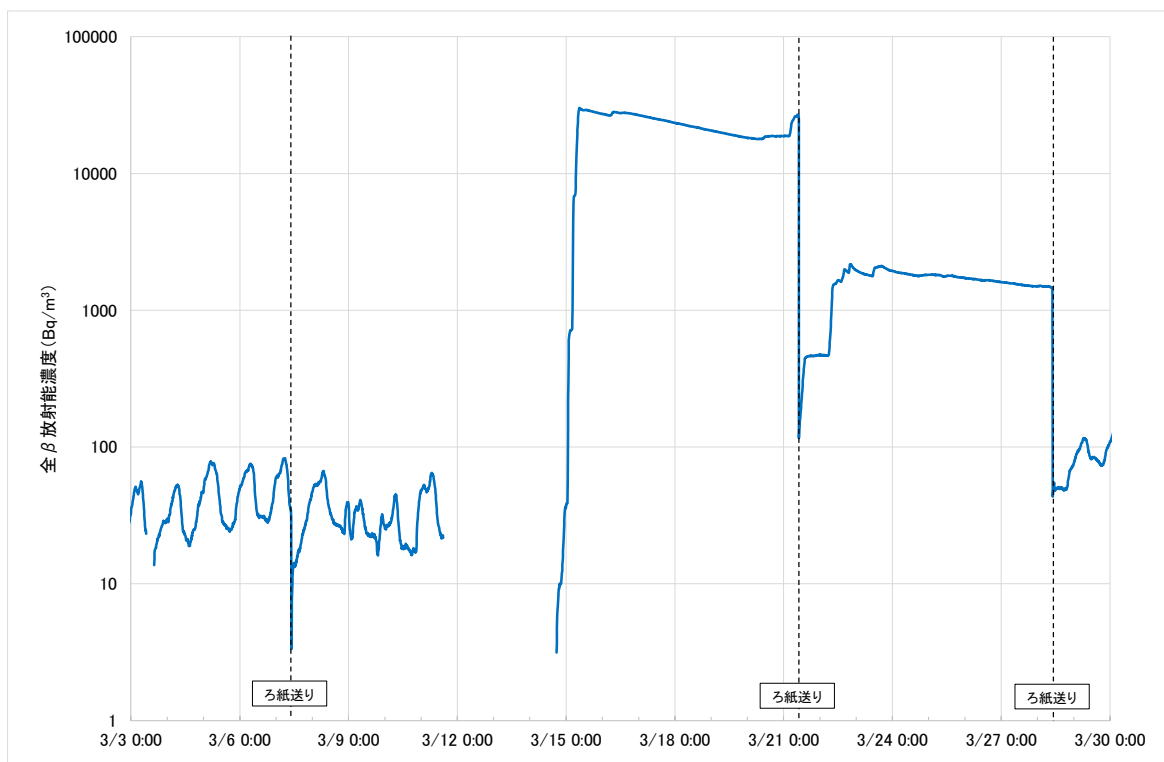


図3-2 福島第一原子力発電所事故時の茨城県内における全 β 放射能濃度の経時変化

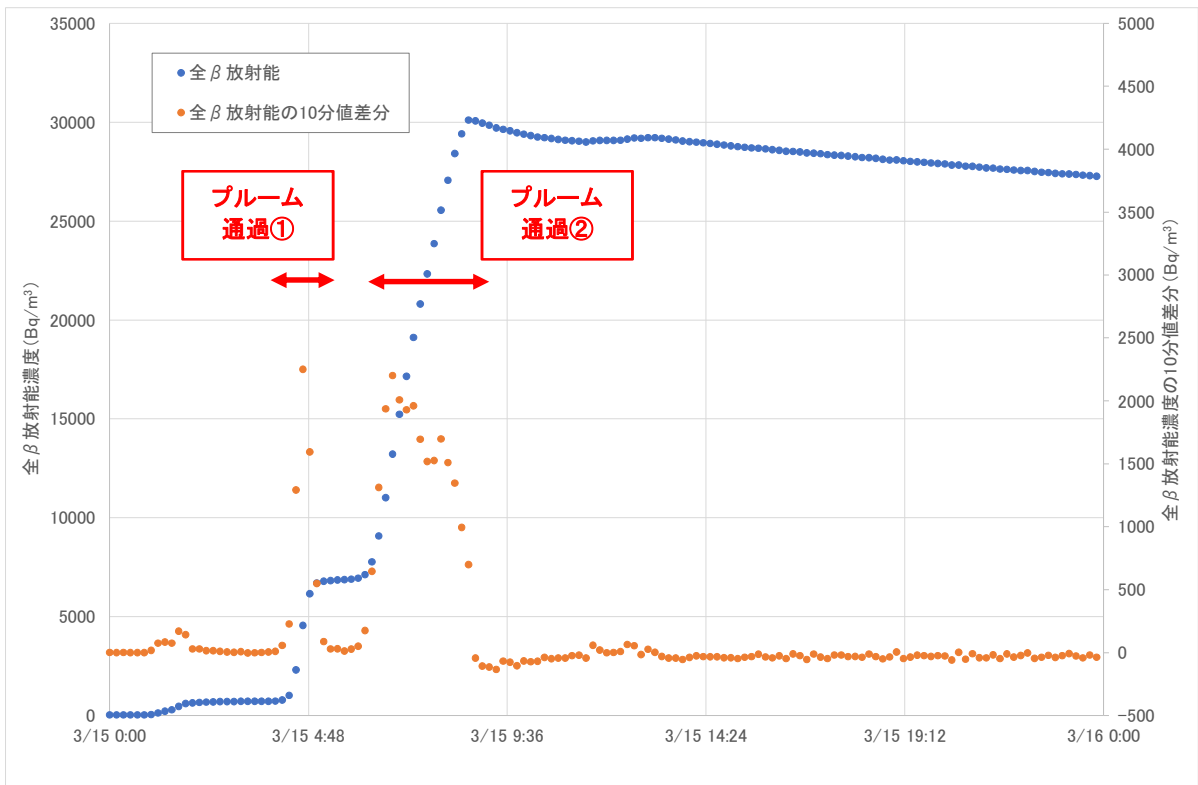


図 3-3 全β放射能濃度の10分ごとの測定値差分の評価例

第 4 章 大気モニタにより採取した大気試料の分析

大気モニタのろ紙をゲルマニウム半導体検出器等で分析することにより、大気中の放射性核種濃度及びその核種組成の詳細な変化を把握し、被ばく線量評価等のためのデータとする。

4.1 ろ紙の回収

大気モニタのろ紙は数日分をまとめて回収する。

以下に放射能測定法シリーズ No. 35 「緊急時における環境試料採取法」で記載されている採取手順（ヨウ素サンプラに関する記載を除く。）を転記する。

(1) 出発前の準備

	手順	参照・記録*
1	捕集材の回収及び交換を行う地点（測定局）を確認する。	
2	必要な資機材を用意する。 注) 交換用の捕集材は、大気モニタが設置してある測定局に常備しておいてもよい。捕集材の常備の方法は使用する捕集材の取扱説明書に従うこと。 注) 測定局内の汚染を抑えるために、捕集材の交換作業は素早く行う必要がある。捕集材の交換方法について、使用している装置の取扱説明書であらかじめ確認しておくこと。	
3	機材の動作チェックを行う（特に通信装備）。	
4	必要に応じて、資機材の養生を行う。	3.1 資機材の汚染防止
5	電子式個人線量計の動作確認をする。	
6	防護具（防護服、防護マスク等）の使用の指示に従い、適切な防護具を着用する。また、指示があった場合、安定ヨウ素剤を服用する。 注) 捕集材の交換作業は、大気専属の採取チームが行うか、専属チームの編成が難しい場合には、他の環境試料を採取する前に、最初に行う。	3.2 モニタリング要員の防護

*放射能測定法シリーズ No. 35 「緊急時における環境試料採取法」の参照・記録

(2)採取手順（捕集材の回収）

	手順	参照・記録*
1	捕集材の回収及び設置を行う地点（測定局）に移動する。	
2	採取済みの捕集材を回収し、回収日時、捕集材のロットナンバー等を記録する。捕集材が長尺ろ紙の場合、ろ紙をロールごと回収する方法と捕集済みの部分を切り取って回収する方法がある。指示書の発行以降は、指示書に示された期間で回収する。 注) 捕集材の回収、交換方法は使用している装置の取扱説明書に従うこと。	採取記録票 B1 の d
3	回収した捕集材をポリエチレン袋に入れる。	
4	袋の口を折り曲げてビニールテープで封をし、識別コードを記入したラベルを貼る（あるいは明記する。）。	採取記録票 B1
5	更にもう一重の袋掛け(=外袋)をし、試料を梱包する。	
6	新たな捕集材をセットし、機器の動作が正常であることを確認する。	
7	梱包、記録類及び写真の確認を行う。	採取記録票 B1 の e

*放射能測定法シリーズ No. 35 「緊急時における環境試料採取法」の参照・記録

注) 採取地点にモニタリングポストが設置されていない場合は、手順 2 の前にサーベイメータ等により採取地点周辺の空間放射線量率の測定をする必要がある。

4.2 前処理

回収したろ紙は、分析・測定対象核種に応じた前処理を行う。

(1) γ 線スペクトロメトリーを実施する場合

ゲルマニウム半導体検出器等で γ 線放出核種を測定するためには、ろ紙を測定容器に充填する必要がある。ろ紙は、6時間分^{*1}をまとめて測定容器に充填する。その際、前処理に使用する器具の汚染防止の観点から、集じん面の切り取りは原則として実施せず、集じん面の境界部分を切り取る^{*2}。

長尺ろ紙の巻き取りによる集じん面からの相互汚染が起こるが、分析結果への影響については計算等により補正することができないため、考慮しないこととする。ただし、大気捕集後に集じん面をフィルムで覆う等、相互汚染を防止する措置を講じることができることが望ましい。

詳細は、6.4及び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」を参照すること。

*1 緊急時補足参考資料で想定されているヨウ素サンプラのサンプリング周期に合わせて6時間としている。大気中放射性物質の濃度の詳細な時間的変化を把握するために、1時間分等にさらに細分化することについて否定するものではない。

*2 大気浮遊じんの量によっては集じん面が目視できない場合がある(図4-1)。その理由により、6時間分に分けることができない場合には、大気モニタの起動開始からろ紙回収までの数日分をまとめて測定試料とする。任意の時間間隔でろ紙を細分化できるよう、タイムスタンプ等により、長尺ろ紙に集じん開始位置や集じん日時を記録できることが望ましい。



図4-1 大気モニタの長尺ろ紙の集じん面
(約50 L/minで1時間集じんした場合)

(2) 放射化学分析を実施する場合

γ 線放出核種の測定が必要である場合には、その測定が終了してから α 線放出核種及び β 線放出核種について放射化学分析を実施する。

測定対象核種が複数ある場合等、必要に応じて、試料の分割や系統分析を実施する必要がある。そのため、分析方法は分析を実施する前に慎重に検討して決定する。

放射化学分析を実施する際に集じん面の切り抜きを行うことは否定しないが、 γ 線スペクトロメトリーの後では、ゲルマニウム半導体検出器の測定容器内での相互汚染も生じていることから、切り抜きは行わない方がよい。

4.3 分析

γ線放出核種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を行い、α線放出核種及びβ線放出核種は放射化学分析を実施する。緊急時補足参考資料に記載されている原子力施設及び事故形態に応じた測定対象核種を表4-1に示す。

表4-1 大気モニタにより採取したろ紙の核種分析の例

施設	事故形態	分析対象核種
発電用原子炉施設*1	—	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等) β線放出核種 (Sr-89、Sr-90 等) γ線放出核種 (Co-58、Fe-59、Co-60、Zr-95、Nb-95、Mo-99、Tc-99m、Ru-103、Te-129、Te-129m、I-131、Te-132、I-132、I-133、Cs-134、Cs-137 等)
試験研究用等原子炉施設*2	—	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等) β線放出核種 (Sr-89、Sr-90 等) γ線放出核種 (Co-58、Fe-59、Co-60、Zr-95、Nb-95、Mo-99、Tc-99m、Ru-103、Te-129、Te-129m、I-131、Te-132、I-132、I-133、Cs-134、Cs-137 等)
ウラン加工施設	臨界事故	α線放出核種 (U-235、U-238 等) β線放出核種 (Sr-89、Sr-90 等) γ線放出核種 (I-131、I-133、Cs-134、Cs-137 等)
	UF ₆ 放出(飛散)	α線放出核種 (U-235、U-238 等)
プルトニウムを取り扱う加工施設	臨界事故	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等) β線放出核種 (Sr-89、Sr-90 等) γ線放出核種 (I-131、I-133、Cs-134、Cs-137 等)
	大規模火災又は爆発	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等)
再処理施設	臨界事故	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等) β線放出核種 (Sr-89、Sr-90 等) γ線放出核種 (Co-58、Fe-59、Co-60、Nb-95、Tc-99m、Te-129、Te-129m、I-131、I-133、Cs-134、Cs-137 等)
	大規模火災又は爆発	α線放出核種 (U-235、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241 等) β線放出核種 (Sr-90、Y-90、Tc-99、Pm-147 等) γ線放出核種 (Rh-106(Ru-106)、Cs-134、Cs-137、Ce-144 等)
	蒸発乾固	α線放出核種 (Pu-238、Pu-239+240、Am-241、Cm-244 等) β線放出核種 (Sr-90、Y-90、Tc-99、Pm-147 等) γ線放出核種 (Rh-106(Ru-106)、Cs-134、Cs-137、Ce-144 等)

*1 PAZ 及び UPZ 設定を要する発電用原子炉施設

*2 UPZ 設定を要する試験研究用等原子炉施設

(1) γ 線スペクトロメトリー

ゲルマニウム半導体検出器の測定時間の目安を表 4-2 に示す。

大気モニタの1時間あたりの試料採取による供試量は、3 m³ (50 L/min×60 min) 程度である。

表 4-2 事故初期時（多核種検出時）の試料を小型容器（50 mm ϕ × 50 mm）を用いて測定した場合の測定時間と定量可能レベルの関係

供試量	I-131 定量可能レベル				Cs-137 定量可能レベル				単位
	測定時間				測定時間				
	10 分	30 分	1 時間	10 時間 (参考)	10 分	30 分	1 時間	10 時間 (参考)	
1 m ³	6	4	3	0.8	6	3	2	0.7	Bq/m ³

放射能測定法シリーズ No. 24

詳細は、放射能測定法シリーズ No. 29「緊急時における γ 線スペクトル解析法」、放射能測定法シリーズ No. 15「緊急時における放射性ヨウ素測定法」を参照すること。

測定容器内では大気浮遊じん中の放射能濃度の偏在が生じる。偏在の影響評価例については、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 γ 線スペクトロメトリー」の「資料 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）」に記載している。

(2) 放射化学分析

γ 線放出核種の測定後、 α 線放出核種及び β 線放出核種の放射化学分析を実施する。

原子力施設に応じて放出される放射性核種が異なるので、分析・測定対象核種は表 4-1 を参考にして選択する必要がある。分析・測定対象核種に対して参照する放射能測定法シリーズを表 4-3 に示す。参照する放射能測定法シリーズのない Tc-99 や Pm-147 については、液体シンチレーションカウンタによる β 線測定や ICP 質量分析法を適用することができる。

表 4-3 分析・測定対象核種に対して参照する放射能測定法シリーズ

分析・測定対象核種		参照する放射能測定法シリーズ
α 線放出核種	U-235、U-238	No. 14「ウラン分析法」
	Pu-238、Pu239+240	No. 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」 No. 12「プルトニウム分析法」
	Am-241、Cm-244	No. 21「アメリシウム分析法」 No. 22「プルトニウム・アメリシウム逐次分析法」 No. 30「環境試料中アメリシウム 241、キュリウム迅速分析法」
	—	No. 31「環境試料中全アルファ放射能迅速分析法」
β 線放出核種	Sr-89、Sr-90、Y-90	No. 2「放射性ストロンチウム分析法」 No. 23「液体シンチレーションカウンタによる放射性核種分析法」
	Tc-99、Pm-147 等	該当なし

4.4 分析結果の評価

分析結果は、緊急時モニタリングの目的である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、②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を目的として、以下の評価のために使用される。

(1) 放出された放射性核種の種類及び濃度

放出された放射性核種の種類から、原子力施設の事故の状況を推定することができる。また、放射性核種の濃度から、原子力施設の事故の影響評価及び(3)で記載する被ばく線量評価を行うことができる。

(2) 放出された放射性核種の経時変化及び放射性プルームの通過判断

放射性プルームに含まれている放射性ヨウ素等*の有無及びその濃度の経時変化を確認することにより、放射性プルームの通過判断のために使用する。

*放射性プルームには、放射性キセノンのような希ガスが含まれるが、希ガスは大気モニタのろ紙に捕集できないため、捕集することができる放射性ヨウ素等の粒子状の放射性核種から評価する。

(3) 被ばく線量評価

大気浮遊じんの吸入摂取による内部被ばく線量を評価するために、大気中の放射性物質の濃度を使用する。被ばく線量の評価方法については、平常時補足参考資料を参照すること。

東京電力福島第一原子力発電所事故の影響評価例を解説 B に示す。

4.5 試料保管

分析前のろ紙を保管する場合、吸湿防止のため、デシケータ等で保管する。

第 5 章 ヨウ素サンプラによる大気試料の採取～分析

5.1 採取～分析

ガス状及び粒子状ヨウ素について連続的にサンプリングし、一定の時間ごとにろ紙及び活性炭カートリッジを交換するオートサンプルチェンジャー付きヨウ素サンプラによる放射性ヨウ素の採取及び分析により、放射性物質の広がりを確認するとともに被ばく評価に活用する。

詳細については、放射能測定法シリーズ No. 15 「緊急時における放射性ヨウ素測定法」を参照すること。

第 6 章 ダストサンプラによる大気試料の採取～分析

大気試料を採取する目的は、原子力災害による環境放射線の状況に関する情報を得ることと、原子力災害による放射線影響の評価をするための情報を得ることである。

大気中の放射能濃度の分析結果は、放射性物質の吸入により起こる内部被ばくの推定に使用されるほか、地表への降下量の推定にも有用である。

ここでは、可搬型のサンプラによる大気の採取について記載する。

採取手順（ヨウ素サンプラに関する記載を除く。）は放射能測定法シリーズ No. 35「緊急時における環境試料採取法」を転記している。

6.1 機器及び大気捕集材

緊急時において使用するダストサンプラ及び大気捕集材は、平常時（第 1 部 第 4 章）と同様である。

6.2 設置、点検

ダストサンプラの設置の考え方及び点検方法は、平常時（第 1 部 第 4 章）と同様である。緊急時のための機器として整備している場合には、平常時から定期的に動作確認を実施し、機器の状態を健全に保つことが必要である。

6.3 採取

6.3.1 準備

	手順
1	指示書を受け取る。
2	チェックリスト等に従い、必要な資機材を用意する。
3	機材の動作チェックを行う（特に通信装備及び GPS）。
4	採取地点を地図上で確認する。
5	汚染防止のため、資機材の養生を行う。
6	電子式個人線量計の動作確認をする。
7	防護具（防護服、防護マスク等）の使用の指示に従い、適切な防護具を着用する。また、指示があった場合、安定ヨウ素剤を服用する。

6.3.2 試料採取地点の特定

	手順
1	指示書に示された試料採取地点に移動する。
2	採取地点の情報、住所等を写真撮影も含めて記録する。
3	GPS が利用可能であれば、採取地点の緯度経度を記録する。無ければ位置を調べて地図上にマークし記録する。

6.3.3 ローボリウムエアサンプラによる採取手順

	手順
1	採取地点周辺の空間放射線量率をNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ又は、電離箱式サーベイメータを用いて測定し、記録する。
2	<p>空気の流れに支障がないように、サンプラを設置する。</p> <p>注1：内部被ばく線量を評価するため、サンプラの吸引口が地上から約1mの高さになるように設置する。</p> <p>注2：雨滴を吸引すると、ろ紙の捕集性能が低下するので、雨天の場合は屋根のある場所等で捕集し、サンプラに雨滴が入らないようにする。周囲に屋根等がない場合には、傘等をさして、雨滴を吸引しないようにする。</p> <p>注3：電源に発電機を使用する場合は、その排気を吸引しないよう配慮する。</p> <p>注4：移動に使用している車から電源を確保すると排気ガスの影響を受ける可能性があるため、可能であれば避ける(車備え付け型の集じん器の場合を除く。)</p> <p>注5：複数のサンプラを併用する場合は、互いの排気が影響しないよう配慮する。</p>
3	<p>吸引ホルダーにろ紙をセットする。ろ紙は格子構造がない面が表であり、じん埃を捕集する面となる。</p> <p>注：ろ紙の取扱いには、ピンセットを用いる。</p>
4	<p>採取を開始し、時刻と採取量(吸引流量)を記録する。</p> <p>注：集じん器の流量は50 L/min程度に設定する(指示書に示された流量に設定する。)</p>
5	<p>指示書に示された積算流量になるまで大気を採取する。</p> <p>注1：流量が50 L/minである場合、20分間採取すると積算流量は1000 L(=1 m³)となる。</p> <p>注2：集じんに雨が降ってきた場合は吸引を止め、雨が降る前までを積算流量とした試料とする。又は、傘等をさして雨滴を吸引しないようにしながら採取を続けてもよい。</p>
6	採取終了直前に採取量(吸引流量)を読み取り記録する。
7	集じん器を止め、その時刻を記録する。
8	ろ紙をサンプラから取り外す。
9	ろ紙をポリエチレン袋(=内袋)に入れる。
10	袋の口を折り曲げてビニールテープで封をし、識別コードを記入したラベルを貼る(あるいは明記する。)
11	更にもう一重の袋掛け(=外袋)をし、試料を梱包する。
12	梱包、記録類及び写真の確認を行う。
13	<p>集じん器を撤収し、車に積む。</p> <p>注1：使用した装置は拭き取り等で除染をする。</p> <p>注2：電源コード、延長コード類は拭き取りながら巻き取り除染を行う。</p>

6.3.4 ハイポリウムエアサンプラによる採取手順

	手順
1	採取地点周辺の空間放射線量率を NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ又は電離箱式サーベイメータを用いて測定し、記録する。
2	<p>空気の流れに支障がないように、集じん器を設置する。</p> <p>注1：内部被ばく線量を評価するため、サンプラの吸引口が地上から約1mの高さになるように設置する。</p> <p>注2：雨滴を吸引すると、ろ紙の捕集性能が低下するので、雨天の場合には屋根のある場所等で捕集し、サンプラに雨滴が入らないようにする。周囲に屋根等がない場合には、傘等をさして、雨滴を吸引しないようにする。</p> <p>注3：電源に発電機を使用する場合は、その排気を吸引しないように配慮する。</p> <p>注4：移動に使用している車から電源を確保すると排気ガスの影響を受ける可能性があるため、可能であれば避ける(車備え付け型の集じん機の場合を除く。)</p> <p>注5：複数のサンプラを併用する場合は、互いの排気が影響しないよう配慮する。</p>
3	吸引ホルダーにろ紙をセットする。
4	<p>採取を開始し、時刻と採取量(吸引流量)を記録する。</p> <p>注：大気試料の採取に必要な時間は、空気中の放射能濃度によって変わる。</p>
5	<p>指示書に示された積算流量になるまで大気を採取する。</p> <p>注：流量が1000 L/minである場合、1分間採取すると積算流量は1000 L(=1 m³)となる。</p>
6	採取終了直前に採取量(吸引流量)を読み取り記録する。
7	サンプラを止め、その時刻を記録する。
8	<p>サンプラを垂直方向にしたまま、ろ紙を固定しているホルダーを取り外す。</p> <p>注：ネジを用いて固定するホルダーの場合、全てのネジを取り外す。</p>
9	<p>ろ紙をサンプラから取り外す。</p> <p>注：取り外した後、速やかに新しいろ紙をセットして、集じん部への異物の混入を防ぐ。ろ紙を外した吸引面は網状になっていることが多いが、小さなちり等は網の部分を通って集じん部に入ってしまうため、速やかに作業を行う。</p>
10	α 線スペクトロメータで測定するろ紙は折りたたまず、吸引面を上にし、吸引面が容器の壁や蓋につかないように注意して、タッパーや箱等に入れる。その他の測定に使用するろ紙は、吸引面が内側になるように2つに折り、ポリエチレン袋内袋に入れる。
11	容器又は口を折り曲げてビニールテープで封をした内袋に識別コードを記入したラベルを貼る(あるいは明記する)。容器の蓋をビニールテープ等で密封し、ポリエチレン袋(=内袋)に入れる。
12	更にもう一重の袋掛け(=外袋)をし、試料を梱包する。
13	梱包、記録類及び写真の確認を行う。
14	<p>集じん器を撤収し、車に積む。</p> <p>注1：使用した装置は拭き取り等で除染をする。</p> <p>注2：電源コード、延長コード類は拭き取りながら巻き取り除染を行う。</p>

6.3.5 留意事項

試料採取に当たり、理解しておくべき留意事項は次のとおり。

- 緊急時において大気中に放出される放射性物質の種類としては、(a)粒子状物質、(b)希ガス、(c)揮発したハロゲン(特に放射性ヨウ素)等がある。
- 本項では2種類の可搬型サンプラ(ロウボリウムエアサンプラ：流量 10～100 L/min、ハイボリウムエアサンプラ：流量 500 L/min 以上)を用いた大気試料の採取について記載したが、必要な検出レベルを確保できるようサンプラを選定する。
- モニタリング車にサンプラが設置されている場合もある。
- 土壌中の放射能濃度に対する相対的な大気中濃度を調べるために大気試料を採取する場合には、土壌試料の採取は、大気試料が採取されたのと同時刻に、同じ場所を実施する必要がある。
- ろ紙は、通常セルロース・ガラス繊維ろ紙を使用する。
- 緊急時モニタリングにおいて、サンプラの電源として使用するコンセントは、事前に決定し図面や写真で明示しておくことが望ましい。また、停電時の電源確保に関しても事前に対策を検討し、現場で速やかに対応できるよう計画する。

6.4 前処理

大気中の放射性物質を対象として、セルロース・ガラス繊維ろ紙を測定試料に調製する前処理方法及び保存方法について示す。測定容器としてマリネリ容器又は小型容器を用いるときの方法を示す。

前処理手順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」の転記を基本としている。

6.4.1 試料の前処理における留意事項

	手順
1	相互汚染防止のため、試料搬入時のサーベイメータでの測定結果を参考にして、前処理作業を行う試料の順番を事前に決めておく。
2	放射線レベルの高い試料を取り扱う際には、試料を取り扱う時間を可能な限り短縮できるように、事前に作業員間で作業手順等について確認する。
3	作業開始前に、室内(床、作業台等)の養生を行う。 注：養生方法については、「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」の第2章を参照。
4	養生した作業台の上にビニールシートを敷き、その上に大型ろ紙を載せ、試料ごとに作業する。 注：作業台や床面の養生の張替えには少なからず労力を要する。試料ごとに使い捨てできる簡易養生を施すことによって、養生の張替えの頻度を少なくできる。
5	試料からの汚染を拡大させないため、試料に直接接触するホット作業と直接接触しないクール作業とを区別して、可能な限り、作業員と作業台を別々にすることが望ましい。

6.4.2 測定容器への充填

(1) 小型容器を用いるとき

	手順
1	小型容器に、試料を識別する番号等のデータを記入又は添付した後、小型容器の風袋重量をはかり記録する。
2	均質性に留意しながら、あらかじめ折り畳み等の処理を行ったろ紙を1で用意した小型容器になるべく隙間の無いように詰める。(写真6.1) 小型ろ紙及び打ち抜いたろ紙は浮遊じんの付いている面を底に向けて詰めるようにする。(写真6.2) 注：ろ紙が複数枚ある場合は積み重ねる。
3	小型容器に蓋をして、試料の高さをはかり記録する。
4	容器の外側を、純水、エタノール等で湿らせたペーパータオルでよく拭き取る。
5	小型容器の重量をはかり、先の風袋重量を差し引き、測定試料の重量を求め、記録する。
6	測定器への汚染を防止するため、小型容器にポリエチレン袋を被せ、空気を抜き、容器の底にシワがよらないように口を結んで封入し、測定試料とする。(写真6.3)



写真 6.1 小型容器への試料の充填の例
(ガラス繊維ろ紙)

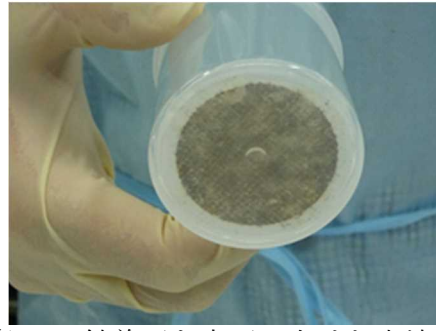


写真 6.2 付着面を底面に向けた充填の例
(ガラス繊維ろ紙)



写真 6.3 ポリエチレン袋で覆った
小型容器の例
(ガラス繊維ろ紙)

放射能測定法シリーズ No. 24

(2) マリネリ容器を用いるとき

この方法は、大量のろ紙を迅速に測定することを目的とした方法である。集じん部分のみの測定を目的とした方法では、上記 (1) に示すように小型容器に充填する方法がある。

手順	
1	マリネリ容器用内袋を、マリネリ容器内に隙間なく装着する(測定容器壁への汚染を極力避けるため、使い捨ての内袋を使用する)。
2	マリネリ容器に、試料を識別する番号等のデータを記入又は添付した後、マリネリ容器及び蓋並びに内袋の風袋重量をはかり記録する。
3	均質性に留意しながら、あらかじめ折り畳みや切抜き等の処理を行ったろ紙をマリネリ容器の標線までなるべく隙間の無いように詰める。(写真 6.4) 試料を詰めた後、試料とともにマリネリ容器及び蓋の重量をはかり、先の風袋重量を差し引き、測定試料の重量を求め、記録する。
4	マリネリ容器内袋の口にビニールテープを用いて封をする。(写真 6.5) 注：ビニールテープの代わりに輪ゴムや結束バンド等を用いてもよい。
5	マリネリ容器に蓋をし、蓋の接合部にビニールテープを巻いて封をする。(写真 6.6 及び写真 6.7)
6	マリネリ容器の外側を、純水、エタノール等で湿らせたペーパータオルでよく拭き取る測定器への汚染を防止するため、マリネリ容器をポリエチレン袋に入れ、十分空気を抜きながら口を結んで封入し、測定試料とする。(写真 6.8)



写真 6.4 マリネリ容器への試料の充填



写真 6.5 内袋をビニールテープで閉じる
(長尺ろ紙)

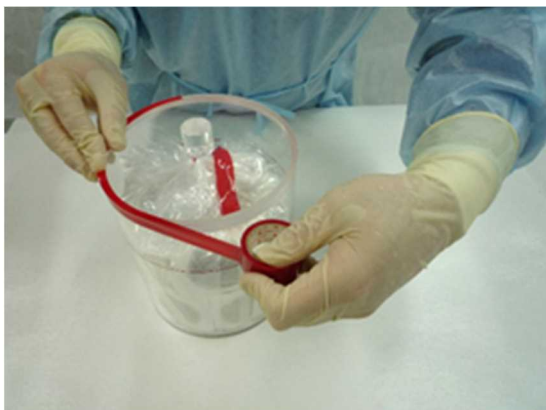


写真 6.6 ビニールテープによる蓋の固定
(長尺ろ紙)



写真 6.7 ビニールテープによる蓋の固定
(長尺ろ紙)



写真 6.8 ポリエチレン袋で覆った
マリネリ容器 (長尺ろ紙)

6.4.3 試料の保存方法

(1) 比較的短期間の保存

手順	
1	小型容器の測定試料は、測定容器のまま、他のポリエチレン袋又は容器に入れて保存する。
2	マリネリ容器の測定試料は、内袋のまま、他のポリエチレン袋又は容器に入れて保存する。

(2) 長期保存

手順	
1	小型容器の測定試料は、測定容器のまま、他のポリエチレン袋又は容器に入れて保存する。
2	マリネリ容器の測定試料は、内袋のまま、他のポリエチレン袋又は容器に入れて保存する。
3	放射能測定法シリーズ No. 13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」及び放射能測定法シリーズ No. 16「環境試料採取法」の方法によって、試料の灰化作業を行ってもよいが、器具及び装置を使用した後に洗浄・清掃する等、他試料への汚染が起こらないよう十分留意する必要がある。 灰化処理を行った試料は、デシケータ内等の低湿度の環境下、又はなるべく空気に触れないような措置をとり保管する。

6.5 分析

γ 線放出核種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を行い、 α 線放出核種及び β 線放出核種は放射化学分析を実施する。

内容は大気モニタでの手順（4.3）と同様とする。

6.6 分析結果の評価

内容は大気モニタでの手順（4.4）と同様とする。

6.7 試料保管

内容は大気モニタでの手順（4.5）と同様とする。

解説

解説 A 大気モニタの測定範囲

緊急時補足参考資料では、大気モニタの測定範囲として、全 α 放射能として10 Bq/m³以上を、全 β 放射能として100~100,000 Bq/m³を測定できることが必要としている。

緊急時において高濃度の放射性プルームが流れてくると、大気モニタの検出器に入射する、捕集した大気浮遊じんからの放射線の数が増大し、検出器の飽和による数え落とし等が起こることが懸念される。

1 inch ϕ プラスチックシンチレーション検出器を使用した大気モニタを想定し、全 β 放射能と計数率の相関を評価した例を図A-1に示す。上限である100,000 Bq/m³における検出器の数え落としの割合は10%以下である。ただし、図A-1は10分間の集じんを想定した評価例であるため、1時間の集じんではこれよりも数え落としの割合が大きくなることについて留意する必要がある。数え落とし等の影響により測定できなくなってしまった場合には、1時間よりも短い間隔でろ紙送りを行うか、採取流量率を下げる等の対策が必要となる。

データ掲載許可申請中

解説 B 東京電力福島第一原子力発電所事故の影響評価例

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故による放射性物質の放出により、大気中放射性物質濃度の上昇が見られた。ここでは、その観測例や影響評価例を示す。

(1) 大気中放射性物質濃度の上昇の観測例

① ダストモニタによる連続測定例

福島県内で連続測定していたダストモニタは、地震による停電の影響により、2011年3月の測定データを取得することができなかったが、茨城県東海村で連続測定していたダストモニタは、事故に伴う大気中放射性物質濃度の上昇を観測した(図B-1)。3月15日未明に放射性プルームの影響により全β放射能濃度が大きく上昇した。

その後は徐々に下降し、4月末頃に概ね元の水準に戻った。

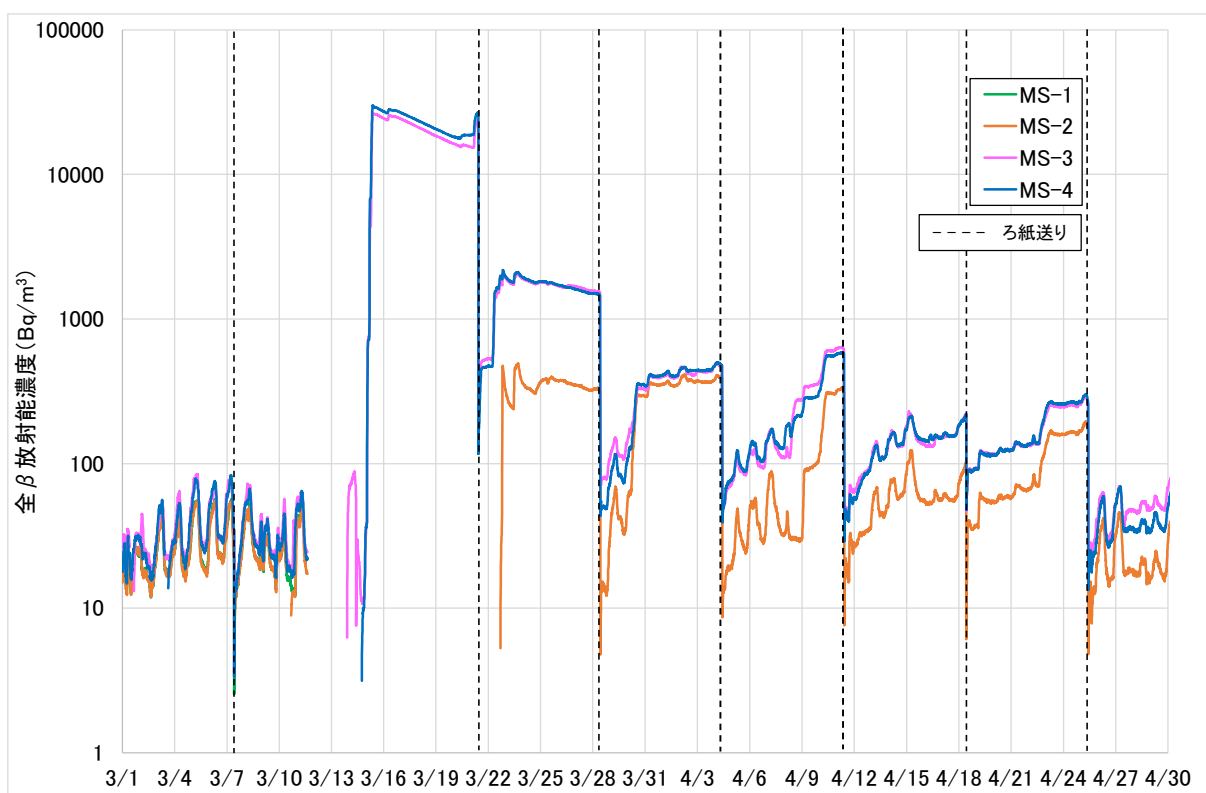
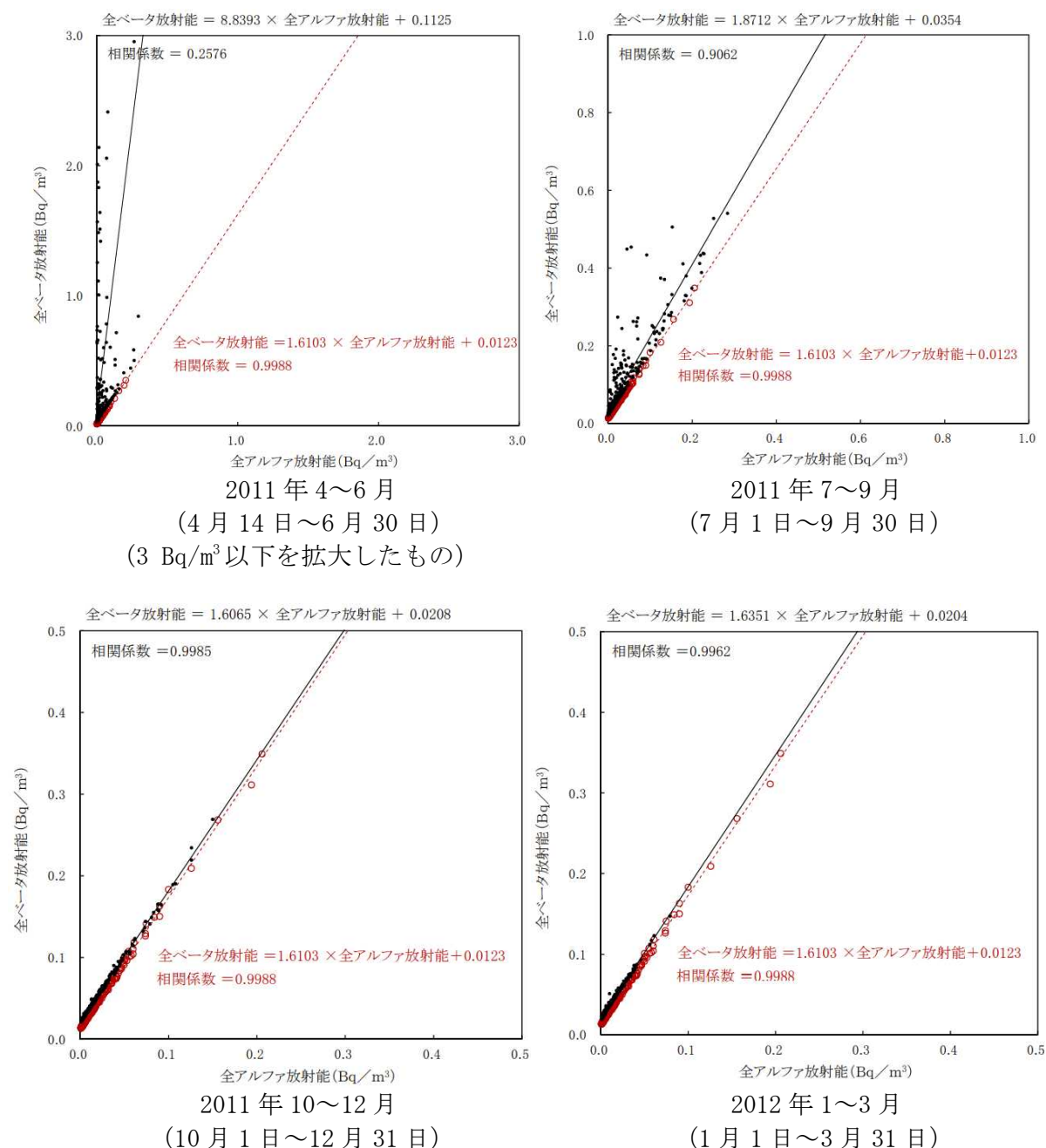


図 B-1 東京電力福島第一原子力発電所事故時の茨城県内における全β放射能濃度の経時変化

福島県内におけるダストモニタの測定は2011年4月頃に再開した。2011年4月から2012年3月までの福島県楡葉町におけるダストモニタにおける全 α 放射能と全 β 放射能の相関の推移を図B-2に示す。時間の経過とともに、事故前の傾きに近くなり、相関も良くなっていることが確認された。2011年10月には事故前とほぼ同等の観測結果になった。

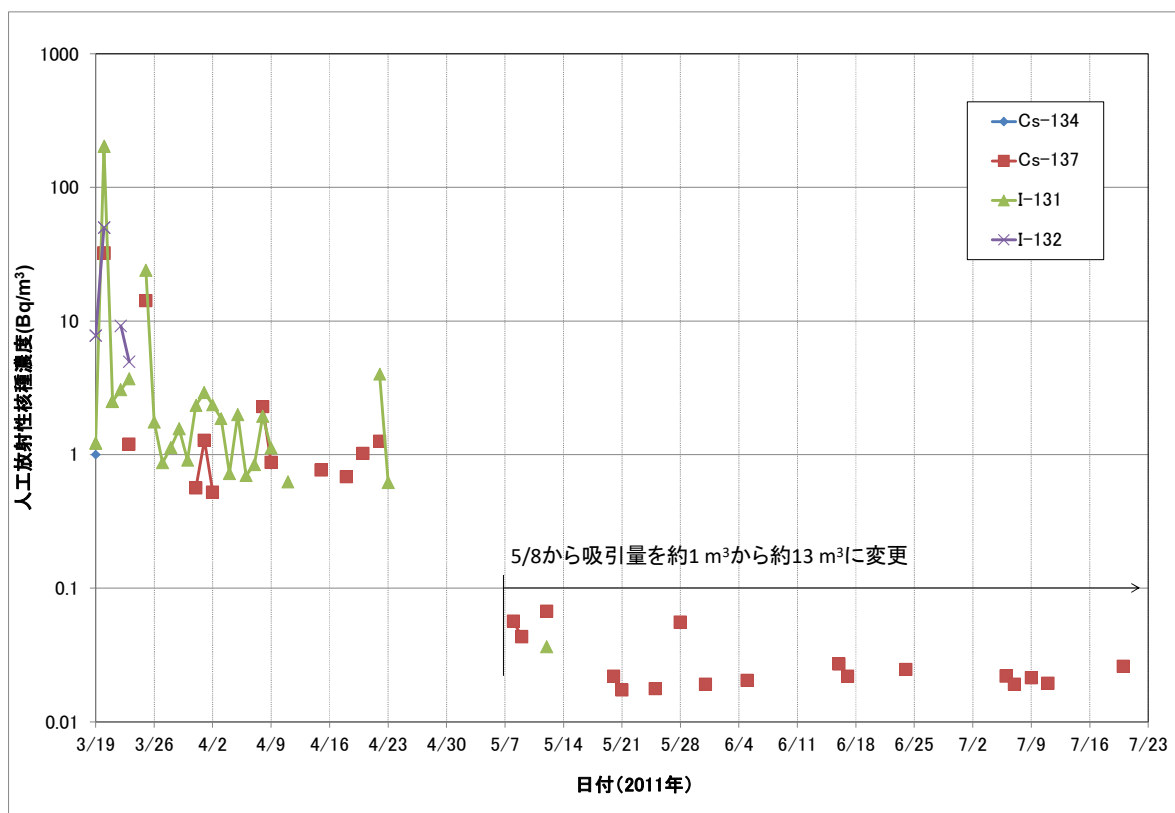


黒 (プロット及び近似直線) : 各期間のデータ
 赤 (プロット及び近似直線) : 2011年1月～3月10日のデータ

図B-2 東京電力福島第一原子力発電所事故後の福島県内における全 α 放射能と全 β 放射能の相関の推移
 福島県、東京電力、平成23年度 原子力発電所周辺 環境放射能測定結果報告書

② ダストサンプラで採取した大気浮遊じんの測定例

福島県福島市における大気浮遊じん中の人工放射性核種濃度の経時変化図を図 B-3 に示す。2011 年 3 月中においては、Cs-134、Cs-137、I-131、I-132 が検出された。5 月下旬には Cs-137 のみの検出となり、その放射性核種濃度は 0.1 Bq/m^3 以下に減少した。



*検出したデータのみプロット

採取方法：ダストサンプラを地上約 1 メートル設置

セルロース・ガラス繊維ろ紙 (HE-40T) + 活性炭ろ紙 (CHC-50-A10)

吸引量： 1 m^3 (3/19~5/8)

約 13 m^3 (5/8~)

図 B-3 福島県内における大気浮遊じん中の人工放射性核種濃度の経時変化

福島県提供データ

作成中

第 1 部、第 2 部共通

目 次

第1部、第2部共通

参考.....	141
A 大気捕集材の特性.....	142
B ダストモニタの比較測定.....	148
C γ 線波高スペクトルによる大気中放射性物質の濃度の評価方法.....	150
付録.....	161
A 用語の定義.....	162
参考文献・参照文献.....	164

参 考

参考 A 大気捕集材の特性

大気試料の採取は、大気中の放射性物質の濃度を測定するため、放射性物質の種類、物理的・化学的な性状及び測定方法等を考慮して、適切な方法を選択しなければならない。

ここに、放射性物質の性状と試料採取方法等の関係を、粒子状及び揮発性物質に区分して、表参 A-1 に示す。

表参 A-1 放射性物質の性状と試料採取法等の関係

放射性物質の性状	試料採取方法	捕集材	主要核種	計測方法
粒子状	ろ過捕集	・セルロース・ガラス繊維ろ紙 ・メンブレンろ紙	Cs-137, U, Pu	・全 α 、全 β 、全 γ 計測 ・ α 、 β 、 γ 線スペクトル分析
気体状 (揮発性物質)	固体捕集	・活性炭含浸ろ紙 ・活性炭カートリッジ ・活性炭素繊維ろ紙	I-131, I-132, I-133	・全 β 、全 γ 計測 ・ γ 線スペクトル分析

大気試料の採取においては、表参 A-1 の放射性物質の性状等を考慮して、適切な大気捕集材を選択する必要がある。

大気浮遊じんは粒子状物質であり、ろ過捕集法を用いて、一般にはセルロース・ガラス繊維ろ紙が広く利用されている。形状には、丸型とロール状がある。

揮発性である放射性ヨウ素の採取においては、固体捕集法が用いられる。大気捕集材には、活性炭含浸ろ紙、活性炭カートリッジ及び活性炭素繊維ろ紙が利用されている。大気中のヨウ素の性状を把握することは難しいが、野口の研究^{*1}等によると粒子状 20%、有機ヨウ素 70%、無機ヨウ素 10%と推定できることから、粒子状物質の捕集用ろ紙との組み合わせを考え、さらに、捕集効率の向上と維持のため TEDA 添着捕集材の使用が必要である。流量の目安は 50 L/min である。

ここに、大気浮遊じん及び放射性ヨウ素の大気捕集材の特性等について示す。

^{*1} 野口 宏：「放射性ヨウ素とトリチウムの環境中における性状変化に関する研究」，博士論文，名古屋大学工学部（1991）。

A.1 大気浮遊じん捕集材の特性

A.1.1 大気浮遊じん捕集用ろ紙

大気浮遊じん捕集用ろ紙の種類は、セルロース・ガラス繊維ろ紙、メンブレンろ紙等がある。ろ紙を選択する場合の要素は、捕集効率、圧力損失、物理的強度等であり、特に、捕集効率は試料の粒径及び通気速度によって大きな影響を受ける。

大気浮遊じん捕集用ろ紙としては、セルロース・ガラス繊維ろ紙①が広く使用されている。捕集効率は、粒子径 0.09~0.80 μm 、面速度 55~135 cm/s の範囲内において、99.7%以上である^{*1}。面速度 210 cm/s で連続サンプリングが可能な物理的強度も十分である。このセルロース・ガラス繊維ろ紙①のメーカーカタログ値は、捕集効率が通気速度 55~135 cm/s の範囲内において 99.7~99.9%、圧力損失は通気速度 5 cm/s のとき 0.27 kPa であり、丸型及びロール状と多くの寸法のもので市販されている。

しかし、セルロース・ガラス繊維ろ紙①は、粒子径 0.1 μm 以下の捕集効率が必ずしも十分でないことが指摘^{*2}されており、0.1 μm 以下の粒子が支配的な環境において採取する場合には、注意が必要である。

また、セルロース・ガラス繊維ろ紙①をベースとして、圧力損失は 20%大きい、サブ

ミクロン領域での捕集効率を改善したセルロース・ガラス繊維ろ紙②ろ紙が開発されている

*3。

表参 A-2 にセルロース・ガラス繊維ろ紙①及び② の特性を示す。

表参 A-2 セルロース・ガラス繊維ろ紙①及び②の特性

項 目		セルロース・ガラス繊維ろ紙①	セルロース・ガラス繊維ろ紙②
重量 (g/m ²)		145	120
紙厚 (m/m)		0.41	0.40
透気度 (sec/cmφ)		12	19
引張強度 (kg/15 mm 幅)		4.5	3.0
繊維組成 (%)	セルロース：ガラス	80：20	70：30
繊維径 (μm)	セルロース/ガラス	20～25/0.8	20～25/0.6
最小捕集効率 (%)	DOP 0.07 μm 面速度 20～130 cm/s	43～57	87～92
	NaCl 0.075 μm 面速度 40～60 cm/s	70	93
相対圧力損失	面速度 30～130 cm/s	1.0	1.2

*1 村田幹生 他；“放射性じん埃サンプリング用セルロース・アスベスト濾紙の特性”，保健物理，11，207（1976）

*2 小泉 彰 他；“集じん用フィルタの粒子捕集効率の面速依存性”，保健物理，24，123（1989）

*3 木内伸幸 他；“改良型放射性エアロゾルサンプリング用セルロース・アスベスト繊維濾紙の特性”，保健物理，30，309（1995）

大気中の放射性物質の濃度の測定を行い、内部被ばくの評価に資するためのモニタリングを行う場合、実用的にはセルロース・ガラス繊維ろ紙①を使用しても十分な性能を持っていると考えられる。

しかし、α核種を対象として捕集、測定する場合は、ろ材の中に粒子が入り込んで計数できない等の可能性があり、補正を考慮する必要がある。

A.1.2 α粒子捕集用ろ紙

α線放出核種の直接測定においては、ろ紙の表面捕集率*4が重要な要素である。

日本原子力研究開発機構におけるプルトニウムモニタの開発に関連して、緊急時において、半導体検出器を用いエネルギー弁別を行うため、国内で利用可能な多くの種類のろ紙について表面捕集性能及び圧力損失の比較が報告されている*5。その報告例を表参 A-3 に示す。

メンブレンろ紙の中で、ろ紙の裏側を補強した PTFE（四フッ化エチレン樹脂）型は、高い表面捕集率と低い圧力損失を示し、α線核種用ダストモニタに使用する α粒子捕集用ろ紙に適していると報告されている。

*4 JIS Z 4512(1995)の解説によると、ろ紙内での捕集された粒子の分布状態（捕集された粒子のうち、ろ紙の表面付近で捕らえられた粒子の割合—表面における捕集率—

*5 N. Kinouchi et al；“Selection of Filter Media Used for Monitoring Airborne Alpha-Emitting Particles in a Radiological Emergency”，Radioisotopes，50，403

(2001)

表参 A-3 アルファ粒子捕集用試験ろ紙の特性

ろ紙の種類	表面捕集効率* ¹ (%)	相対圧力損失* ²
セルロース・ガラス繊維		
製品① (Glass 20%, Cellulose 80%)	45±0.9	0.17
製品② (Glass 30%, Cellulose 70%)	56	0.20
ガラス繊維		
製品①	65±1.5	0.26
製品②	56±0.3	0.11
製品③	94	1.4
シリカ繊維		
製品①	76±1.6	0.48
メンブレン(セルロース混合エステル)		
製品① (0.8 μm pore size)	94±0.7	1
製品② (0.8 μm pore size)	95	1.2
製品③ (1.0 μm pore size)	90	0.76
製品④ (5.0 μm pore size)	79	0.42
メンブレン(PTFE 型)		
製品① (0.8 μm pore size)	97±1.9	2.1
製品② (1.0 μm pore size)	98	1.5
製品③ (3.0 μm pore size)	87	0.5
メンブレン(裏側を補強した PTFE 型)		
製品① (1.0 μm pore size)	99	0.63
製品② (3.0 μm pore size)	99	0.31
製品③ (3.0 μm pore size)	95	0.28
プレフィルター		
製品①	98	1.8
製品②	82	0.83
製品③	69	0.27
製品④	91	0.54

*¹ トロン崩壊核種のα線スペクトルの広がり具合から評価した値

*² Millipore AA を基準として求めた値 (面速度 50cm/sec)

A.2 放射性ヨウ素捕集材の特性

放射性ヨウ素捕集材の種類には、活性炭（粒子状、破砕状）含浸ろ紙と活性炭を充てんした活性炭カートリッジ、それに活性炭素繊維を用いたニットタイプの織布及びフェルトタイプの不織布がある。

A.2.1 活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジ

ヨウ素の捕集効率は、ヨウ素の物理的・化学的性状や雰囲気条件、捕集時間、吸引流速等の捕集条件により、大きく変化する。特に、緊急時に大気中に存在すると予想される放射性ヨウ素の形態は、無機ヨウ素（I₂等）及び有機ヨウ素（CH₃I等）からなる気体状ヨウ素と、大気浮遊じんと同様の挙動をするヨウ素塩等の粒子状ヨウ素に大別される。

ICRP Pub. 71 では、これらの元素状、ヨウ化メチル及び粒子状の3種類の形態別の実効線量、甲状腺の等価線量に係る線量係数を示している。

大気試料の中で有機ヨウ素の存在率が大きい場合、捕集材の捕集効率低下の要因となるため、この対策として、活性炭にトリエチレンジアミン（TEDA）を添着した捕集材の採用、及

び、大気試料を加熱して大気中の相対湿度を低下させる方法が考えられている。

ヨウ素捕集用活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジの外形を図参 A-1 に、特性について、メーカーカタログ値を表参 A-4 に示す。



図参 A-1 活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジ

表参 A-4 活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジの特性

品名	活性炭含浸ろ紙	活性炭カートリッジ
形状	55 mm φ × 2.5 mm	60 mm φ × 20 mm
重量 (g/m ²)	750	—
活性炭含量 (%)	50	—
活性炭メッシュ	—	24~48
TEDA 添着量 (%)	10	10
捕集効率 (%) * ¹	38	99* ²
圧力損失 (kPa)	0.15* ³	0.98* ⁴

*¹ JIS Z 4336 附属書 規定の試験方法 (気体条件: CH₃I、温度 25°C、湿度 80%、面速度 0.4 m/s 以上、ろ過時間 30 分) に準じて測定。

*² CH₃I、温度 25°C、湿度 95%、ろ過時間 30 分、面速度 0.2 m/s においても、さらに、ろ過時間 6 時間、面速度 0.4 m/s においても、捕集効率 99%以上が得られている。

*³ 面速度 1 m/min のときの値

*⁴ 面速度 0.4 m/s のときの値

A. 2. 2 活性炭素繊維ろ紙

種々の活性炭素繊維に対する CH₃I の捕集性能を調査し、捕集効率が最大となる反応速度定数を求め、この実験値に基づいて、単位体積中の細孔表面積あるいは外表面積の大きい繊維ろ紙 (厚さ 4 mm、重量 2.5 g、TEDA 添着率 6 wt%) が試作され、この試作ろ紙について、流量 50 L/min (面速度 42.5 cm/s) において、活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジ等と比較試験を行い、実用性が検討された*⁶。その結果、CH₃I の捕集効率は、相対湿度の増加にしたがって減少し、相対湿度 90% で 67% であった。また、非密封放射性物質取扱施設における捕集効率の実用試験の結果は、表参 A-5 のとおりである。調査条件は、ヨウ素の化学形: CH₃I、流量 50 L/min である。

圧力損失は、流量 50 L/min で 14 mmH₂O であり、活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジのそれぞれ 1/14 及び 1/7 である。さらに、この活性炭素繊維ろ紙は、外力による変形等がなく、活性炭素繊維の飛散もないため、取扱いが容易である。

*⁶ 加藤正平 他; “活性炭素繊維を用いた空气中ヨウ素モニタリング用フィルタの開発”, 保健物理, 21, 9 (1986)

表参 A-5 実用試験結果

捕集時間 (h)	相対湿度 (%)	温度 (°C)	捕集効率 (%)
24	34~75	22~28	92~93
48	49~74	23~27	85~91

メーカーによる活性炭素繊維ろ紙の性能試験結果を仕様とともに表参 A-6 に示す。試験条件は、JIS に準じた方法で、ヨウ素の化学形は CH₃I、流量 50 L/min (面速度 42.5 cm/s)、温度 20°C、相対湿度が 80% 及び 35% である。

表参 A-6 活性炭繊維ろ紙の特性

品番	ニットタイプ	フェルトタイプ
重量 (g/m ²)	405	640
厚さ (mm)	2.8	7.5
活性炭含有率 (%)	81	63
TEDA 添着率 (%)	10	10
CH ₃ I 捕集効率 (%) * ¹	65	99
CH ₃ I 捕集効率 (%) * ²	93	99
圧力損失 (Pa)	≤40	≤200

*¹ 面速度 4.25 cm/s、温度 20°C、湿度 80%

*² 面速度 4.25 cm/s、温度 20°C、湿度 35%

さらに、実用的な試験条件を想定した長時間捕集試験結果を表参 A-7 に示す。

表参 A-7 長時間捕集試験結果

捕集時間 (h)	相対湿度 (%)	温度 (°C)	捕集効率 (%)	
			ニットタイプ	フェルトタイプ
24	25~90	13~25	85	94
168			85	94

A.2.3 注意事項

活性炭含浸ろ紙、活性炭カートリッジ及び活性炭素繊維ろ紙は、吸湿性があり、性能劣化の原因になる。活性炭含浸ろ紙は、100 枚入りのビニール包装、活性炭カートリッジは 10 個ごとにアルミパックに密封され紙箱に入れた状態で入手できる。

開封後は、開口部をしっかりと閉じ、高温多湿を避け、冷暗所（乾燥器等）に保管する。長期保管は避ける等の注意が必要である。

また、有機ヨウ素等の捕集効率を向上させる対策を施した TEDA 添着品についても同様な

措置が必要である。

活性炭カートリッジを用いた場合、ヨウ素の活性炭カートリッジ内分布が不均一となる課題があるため、Ge 半導体スペクトロメータを用いてより正確な測定を行う場合、ヨウ素の捕集された活性炭カートリッジを解体し、均一に混合させた活性炭を小型容器（U-8 容器）に移して測定することが必要となる。

参考 B ダストモニタの比較測定

(1) 比較測定方法

仕様の異なる 2 台以上のダストモニタを用いて、同一地点及び同一時刻において比較測定を実施した。2 台のダストモニタの仕様を表参 B-1 に示す。

表参 B-1 比較測定に用いたダストモニタの仕様

	ダストモニタ①	ダストモニタ②
大気捕集材	メンブレンろ紙	セルロース・ガラス繊維ろ紙
採取流量率	約 35 L/min (2 m ³ /h)	約 200 L/min (12 m ³ /h)
検出器	2 重シリコン半導体検出器 (PIPS)	ZnS (Ag) + プラスチックシンチレーション検出器
外部放射線の影響除去	α/β 吸収体 (Cu 板) による遮へい、 γ 線バックグラウンド補償用検出器による補正 (外部・ろ紙からの γ 線)	鉛遮へい (約 3 cm)
核種弁別	ラドン・トロンに起因するスペクトルを解析し、その影響量を補正	無し
データ間隔	2 分	2 分
記録情報	捕集流量 (m ³ /h)、積算流量 (m ³)、全 α 及び β 放射能濃度 (Bq/m ³) と計数率 (cps) (ラドン・トロン補正データ)、ラドン放射能 (Bq/m ³)、トロン放射能 (Bq/m ³) 等	捕集流量 (m ³ /h)、積算流量 (m ³)、積算時間 (s)、全 α 及び全 β 放射能濃度 (Bq/m ³)、計数率 (cps) 等

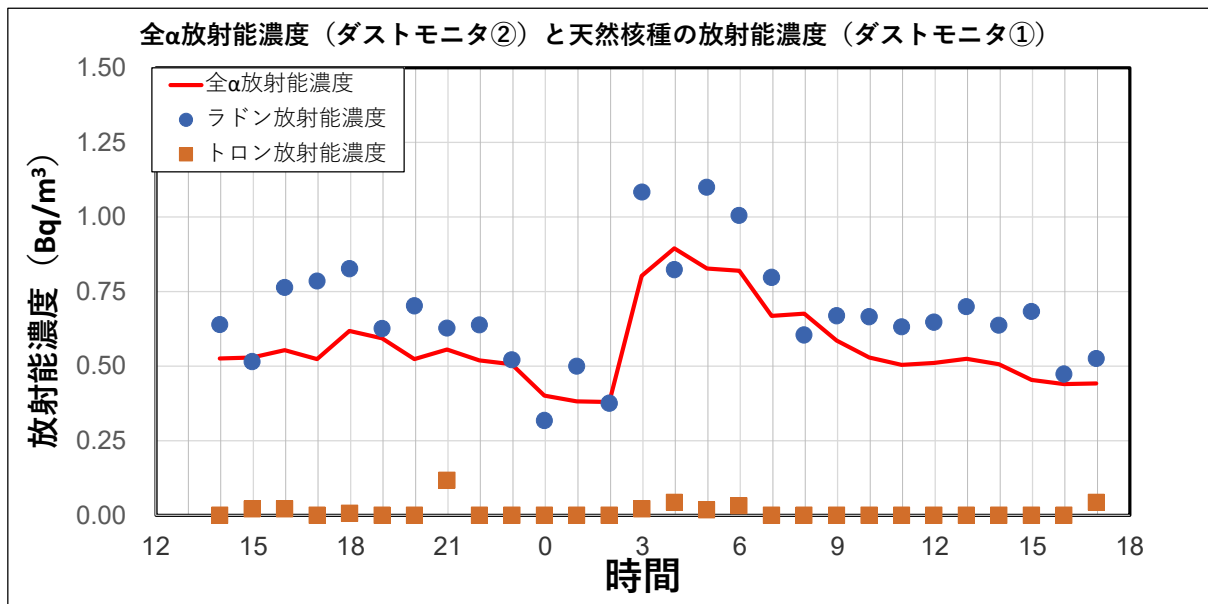


図参 B-1 比較測定に使用したダストモニタ
(左：ダストモニタ①、右：ダストモニタ②)

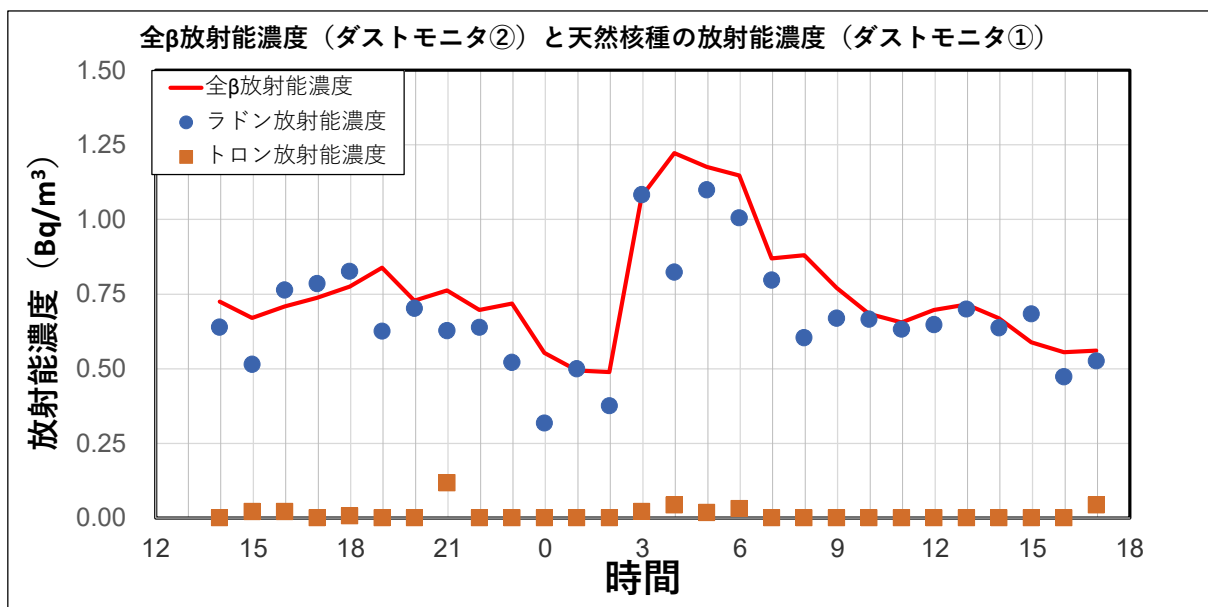
(2) 比較測定結果

ダストモニタ①は、自然放射性物質（ラドン及びトロン）による寄与を差し引いた全 α 及び全 β 放射能濃度しか出力できないため、ラドン及びトロン濃度の測定値を比較に用いた。ダストモニタ②は、全 α 及び全 β 放射能濃度を比較に用いた。

ダストモニタ①のラドン濃度と、ダストモニタ②の全 α 放射能濃度及び全 β 放射能濃度の変化傾向は良い一致を示した。ダストモニタ①のトロン放射能濃度の最大値は、ラドン放射能濃度の最大値の10分の1程度であり、ダストモニタ②の全 α 放射能濃度及び全 β 放射能濃度にほとんど寄与していないことが考えられた。



図参 B-2 ダストモニタ①のラドン・トロン濃度とダストモニタ②の全 α 放射能濃度の比較



図参 B-3 ダストモニタ①のラドン・トロン濃度とダストモニタ②の全 β 放射能濃度の比較

参考C γ 線波高スペクトルによる大気中放射性物質の濃度の評価方法

空間放射線量率を測定するモニタリングポスト、可搬型ゲルマニウム半導体検出器、ダストモニタ等から得られた γ 線波高スペクトルを用いて、大気中放射性物質の濃度を評価する方法及び事例を記載する。ここで記載する手法を用いることにより、実測が困難な放射性ヨウ素等の短半減期核種や希ガスの大気中濃度を推定することも可能である。

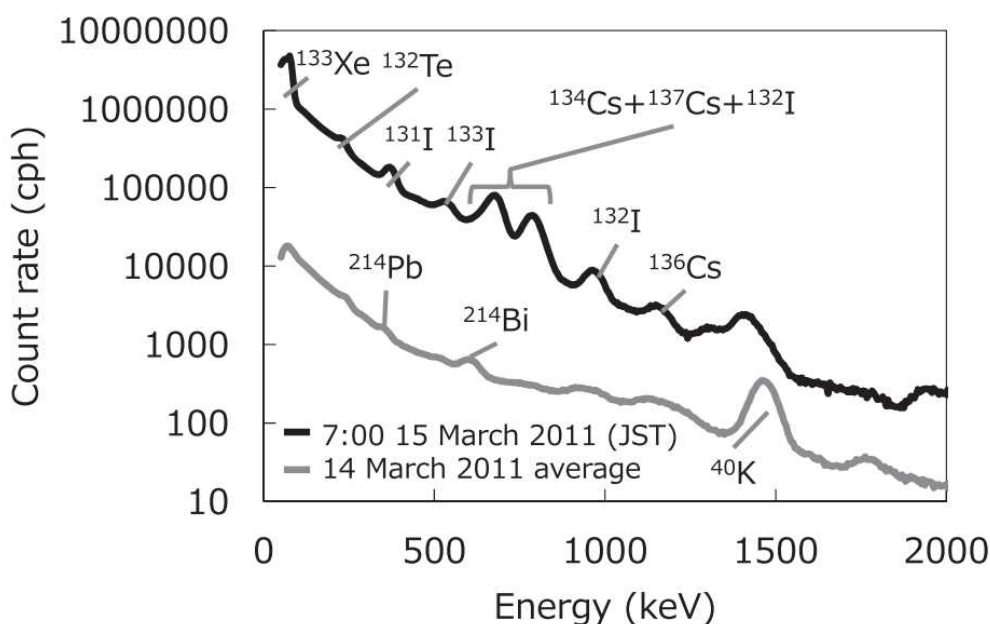
また、大気中の線源を対象とした測定では、広い空間に分布した線源からやってくる γ 線を測定するために、測定地点周辺の放射性核種の平均濃度を評価できるという特徴がある。

(1) モニタリングポストの波高スペクトルを用いた評価

Terasaka ら、Moriizumi らは、福島第一原子力発電所事故時に茨城県内のモニタリングポストで観測された波高スペクトル(図参 C-1)を用いて、放射性核種ごとに解析するためのピーク領域(表参 C-1)を設定し、モンテカルロシミュレーションにより、それぞれの放射性核種の大気中濃度を推定した。図参 C-2~図参 C-4 に評価例を示した。複数の放射性核種の大気中濃度が評価され、図参 C-2 のように実測値とも良い一致を示している。

Terasaka et al., *Journal of Nuclear Science and Technology*, 2016

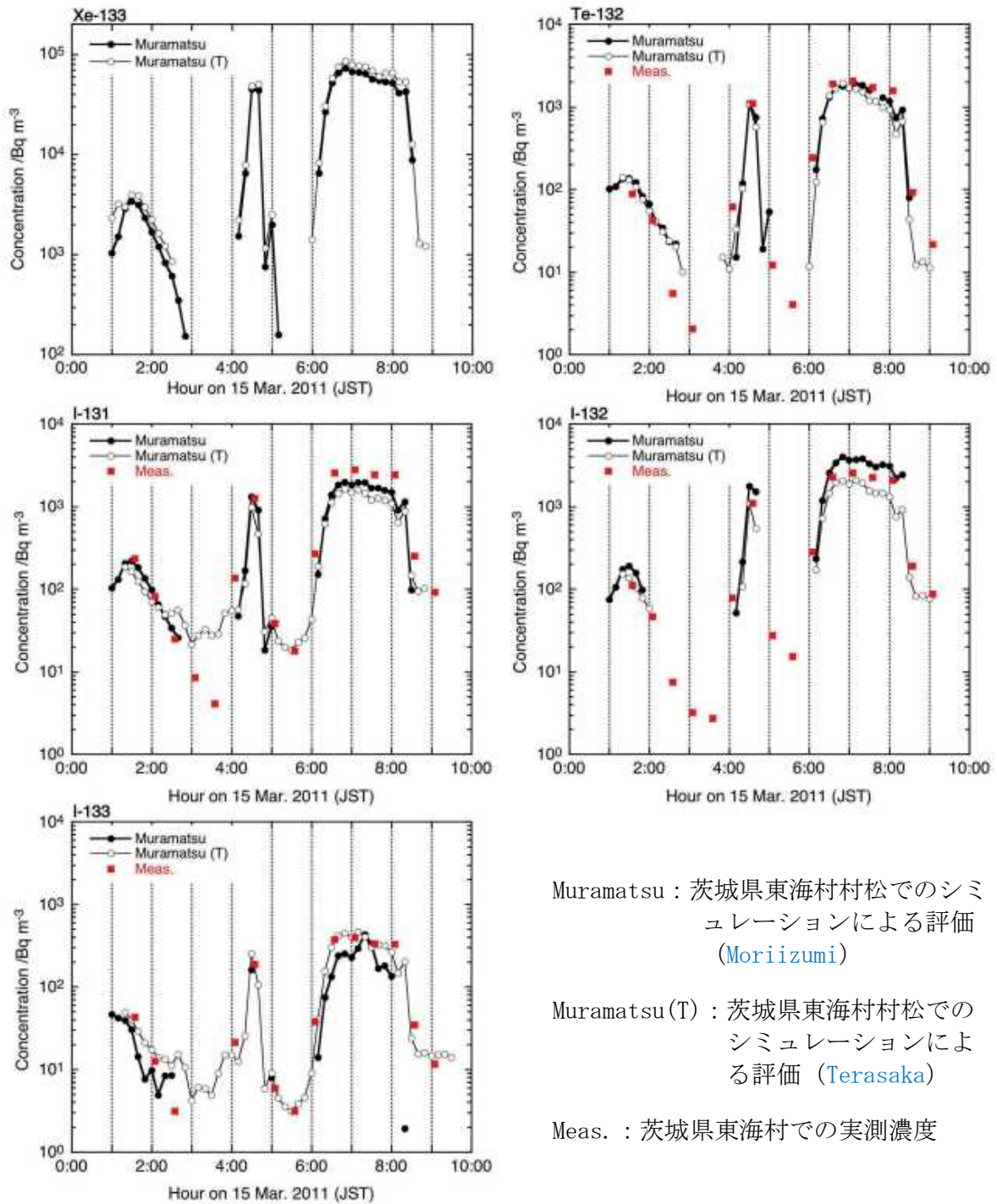
Moriizumi et al., *Journal of Nuclear Science and Technology*, 2020



図参 C-1 茨城県内のモニタリングポストで観測された波高スペクトル

表参 C-1 解析に用いた放射性核種とエネルギー範囲

Energy range (keV)	Radionuclides
70–90	^{133}Xe
210–250	^{132}Te
340–390	^{131}I , ^{136}Cs
500–560	^{133}I , ^{132}I
630–700	^{137}Cs , ^{131}I , ^{132}I
760–840	^{134}Cs , ^{132}I , ^{136}Cs
900–1000	^{132}I
1020–1080	^{136}Cs



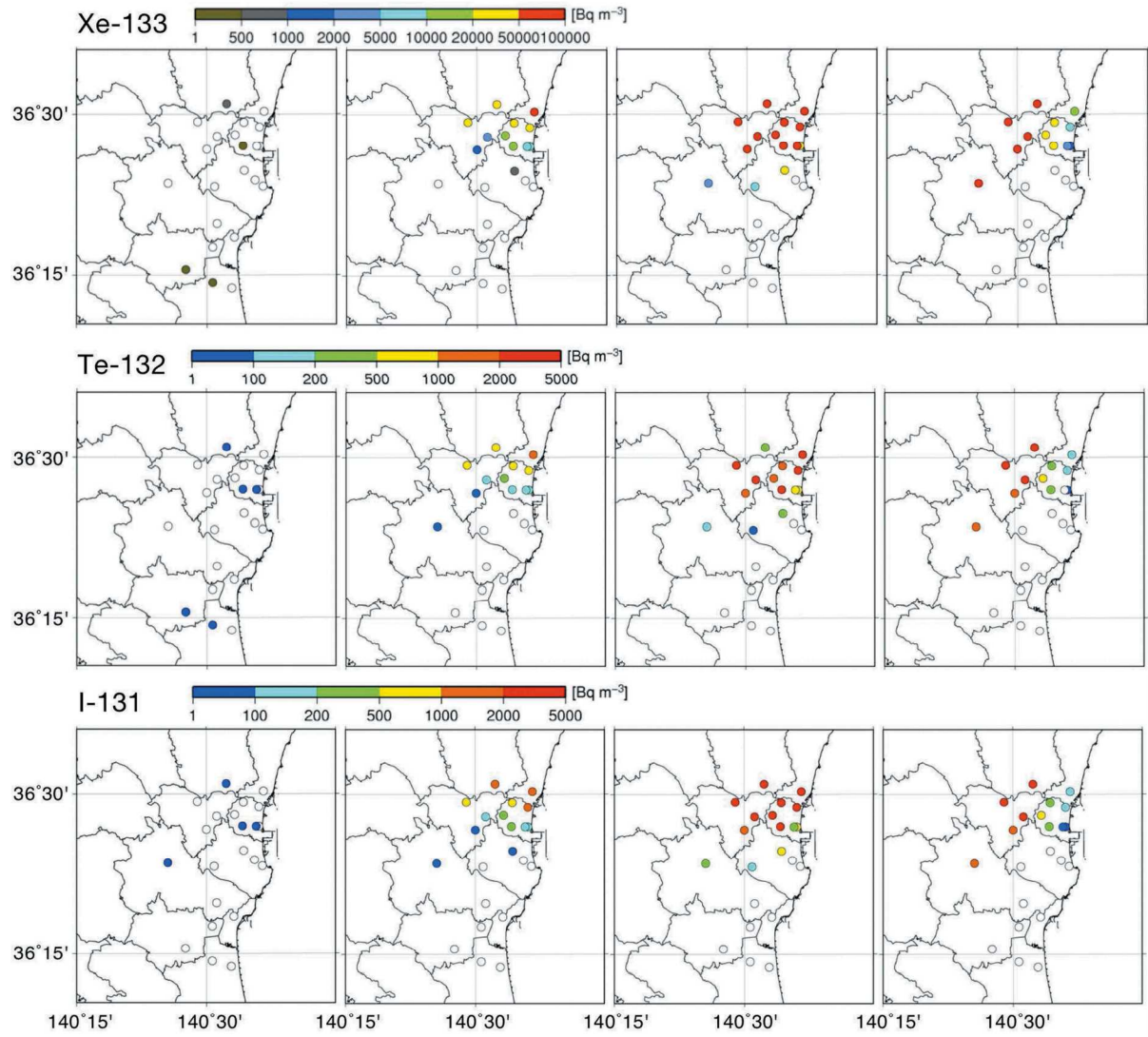
Muramatsu : 茨城県東海村村松でのシミュレーションによる評価 (Moriizumi)

Muramatsu(T) : 茨城県東海村村松でのシミュレーションによる評価 (Terasaka)

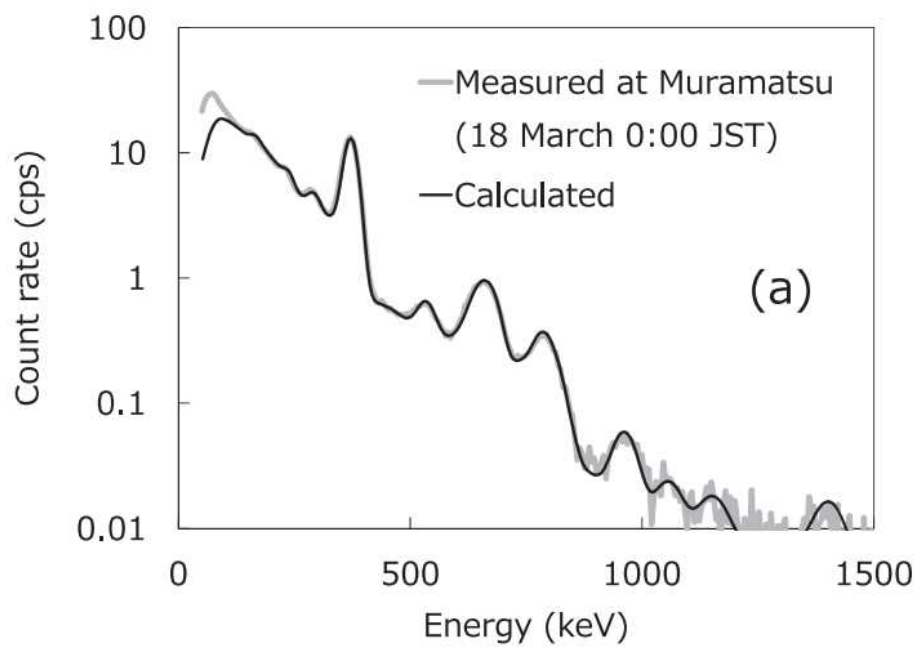
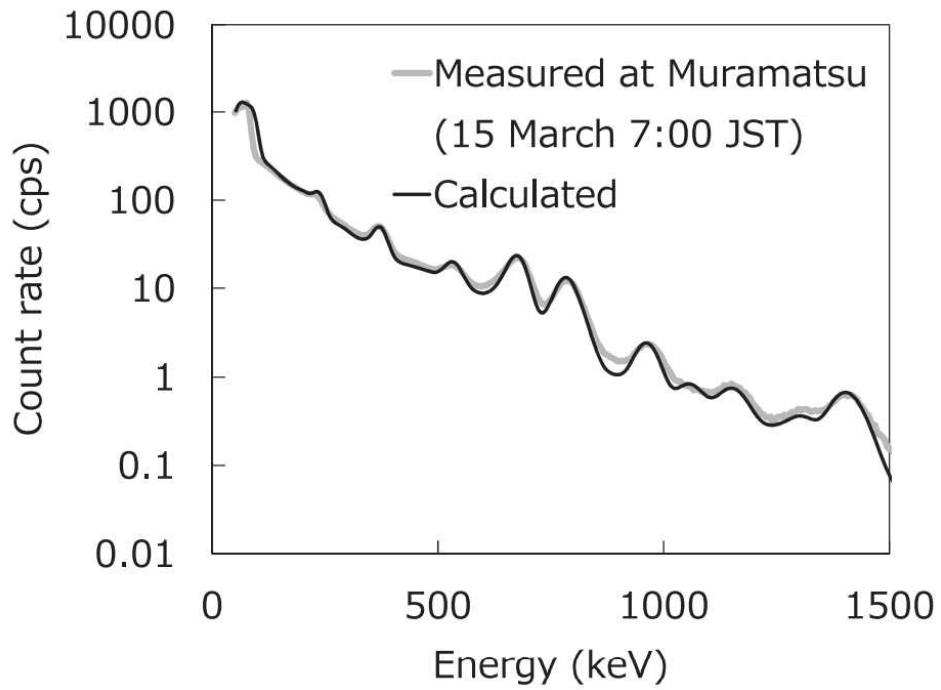
Meas. : 茨城県東海村での実測濃度

図参 C-2 シミュレーションで評価された大気中放射性核種濃度の時系列グラフ

3:50 15 Mar. 2011 (JST) 4:20 15 Mar. 2011 (JST) 4:40 15 Mar. 2011 (JST) 5:00 15 Mar. 2011 (JST)



図参 C-3 シミュレーションで評価された大気中放射性核種濃度の分布図



図参C-4 シミュレーションにより再構築された波高スペクトル
 (上：プルーム通過時、下：プルームの影響無し)

(2) 可搬型ゲルマニウム半導体検出器の波高スペクトルを用いた評価

可搬型 Ge 半導体検出器を用いた in-situ 測定による γ 線波高スペクトルから放射性核種ごとの大気中放射能濃度を評価することができる。可搬型 Ge 半導体検出器による測定方法及び各パラメータの説明については、放射能測定法シリーズ No. 33「ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」を参照すること。

大気中に放射性核種が均一に存在すると仮定して、その放射性核種の大気中の放射能濃度 A (Bq/m^3) を、以下の式によって算出する。

$$A = N_f / \frac{N_f}{A}$$

A : 大気中の放射能濃度 (Bq/cm^3)

N_f : in-situ 測定におけるあるエネルギー E のピーク計数率 (s^{-1})

N_f/A : in-situ 測定における効率

$$\frac{N_f}{A} = \frac{N_0}{\phi} \cdot \frac{N_f}{N_0} \cdot \frac{\phi}{A}$$

N_0 : 検出器軸方向 (0°) から入射するエネルギー E の γ 線によるピーク計数率 (s^{-1})

ϕ : フルエンス率 ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)

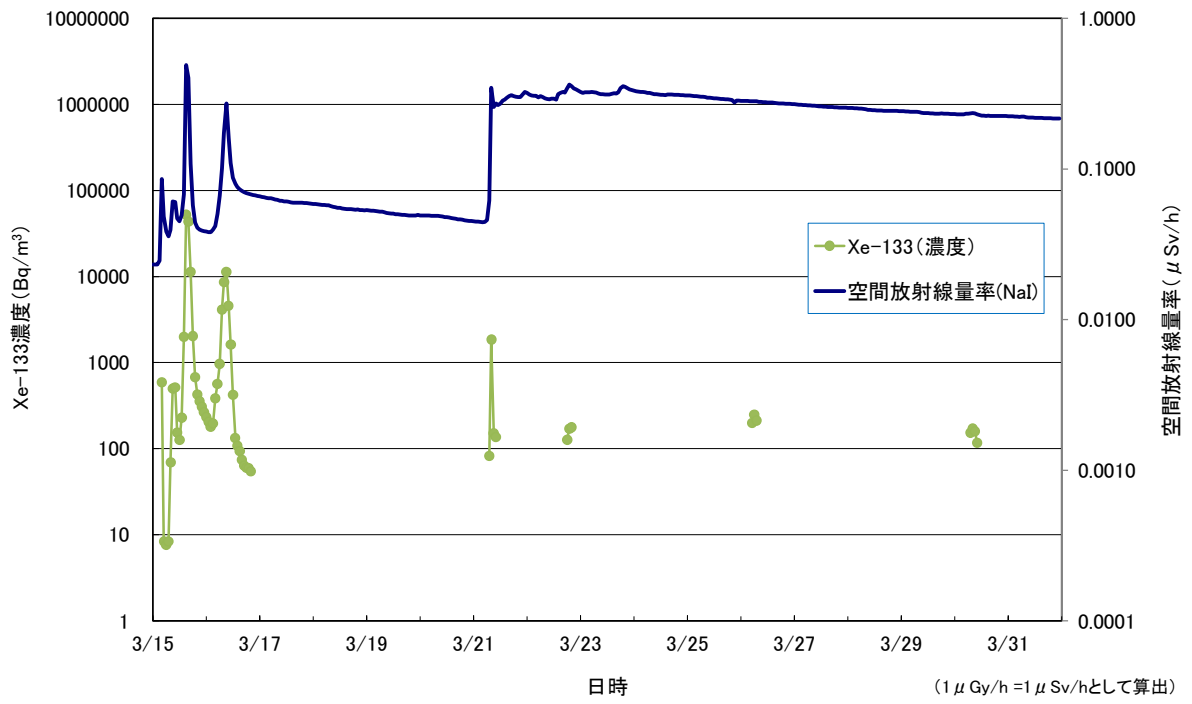
N_0/ϕ 、 N_f/N_0 は検出器固有の値である。 ϕ/A は放射性核種及び光子エネルギーに対応した表参 C-2 のパラメータを使用する。

ICRU Report 53, Gamma-Ray Spectrometry in the Environment, 1994

この手法を用いて、2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故時に、千葉県千葉市において、屋外で連続測定していた可搬型ゲルマニウム半導体検出器の波高スペクトルから大気中の Xe-133 放射能濃度の経時変化を評価した例を図参 C-5 に示す。

3月15日のモニタリングポストで測定された空間放射線量率の変化は、Xe-133 放射能濃度と同じ変化傾向を示しており、放射性プルームに含まれる Xe-133 が空間放射線量率の上昇に大きく寄与していることが確認された。

3月21日の空間放射線量率の上昇は、降雨により大気中の放射性物質が地表面に沈着したことに起因しており、その際の Xe-133 放射能濃度は3月15日ほどの上昇は見られなかった。



図参 C-5 千葉県千葉市における大気中の Xe-133 放射能濃度（2011 年 3 月）を評価した例

表参 C-2 放射性核種濃度と地上高 1 m での γ 線フルエンス率との関係

光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]	光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]
14.8	Cm-248	0.058	0.1854	0.2	258.3	Xe-138	0.315	0.0135	12.4
27.8	Te-129	0.156	0.0419	2.1	277.6	Np-239	0.144	0.0131	5.8
28.6	Xe-125	0.539	0.4000	7.7	278.0	Te-134	0.209	0.0131	8.5
30.6	Xe-133	0.083	0.0360	1.3	295.2	Pb-214	0.192	0.0129	7.9
31.0	Xe-133	0.155	0.0354	2.5	304.9	Kr-85m	0.140	0.0128	5.8
32.0	Ba-137m	0.059	0.0338	1.0	312.1	Te-133	0.624	0.0126	26.2
74.8	Pb-212	0.104	0.0194	3.0	340.5	Cs-136	0.422	0.0122	18.4
77.1	Pb-212	0.176	0.0193	5.0	344.3	Eu-152	0.266	0.0122	11.6
81.0	Xe-133	0.371	0.0190	10.6	345.9	Hf-181	0.120	0.0122	5.2
99.6	Np-239	0.157	0.0179	4.7	351.9	Pb-214	0.369	0.0120	16.2
103.8	Np-239	0.251	0.0177	7.7	364.5	I-131	0.812	0.0119	36.1
106.1	Np-239	0.272	0.0177	8.3	375.0	Xe-127	0.172	0.0188	7.7
122.1	Co-57	0.822	0.0170	27.1	402.6	Kr-87	0.496	0.0114	22.9
133.0	Hf-181	0.419	0.0166	13.6	407.6	Te-133	0.271	0.0114	12.6
136.5	Co-57	0.106	0.0165	3.5	414.5	Sb-126m	0.857	0.0113	40.0
140.5	Tc-99m	0.890	0.0164	29.2	414.8	Sb-126	0.833	0.0113	38.9
143.8	U-235	0.110	0.0163	3.6	418.0	I-130	0.341	0.0113	16.0
145.4	Ce-141	0.484	0.0161	16.1	427.9	Sb-125	0.294	0.0111	13.9
148.9	Xe-123	0.490	0.0160	16.4	434.5	Xe-138	0.203	0.0111	9.7
149.7	Te-131	0.689	0.0160	23.1	435.1	Te-134	0.186	0.0111	8.9
151.2	Kr-85m	0.755	0.0160	25.3	452.3	Te-131	0.182	0.0109	8.8
172.1	Xe-127	0.255	0.0154	8.9	459.6	Te-129	0.074	0.0108	3.6
185.7	U-235	0.572	0.0150	20.3	461.0	Te-134	0.099	0.0108	4.8
188.4	Xe-125	0.549	0.0149	19.7	462.8	Cs-138	0.307	0.0108	15.0
202.5	Y-90m	0.958	0.0146	35.1	463.4	Sb-125	0.105	0.0108	5.1
202.9	Xe-127	0.683	0.0146	25.0	469.4	Ru-105	0.175	0.0107	8.6
205.3	U-235	0.050	0.0146	1.8	473.0	Sb-127	0.247	0.0107	12.2
210.5	Te-134	0.223	0.0144	8.2	477.6	Be-7	0.103	0.0107	5.1
228.2	Np-239	0.113	0.0141	4.3	479.5	W-187	0.253	0.0106	12.5
228.2	Te-132	0.882	0.1410	33.4	479.5	Y-90m	0.900	0.0106	44.5
234.7	Nb-95m	0.261	0.0140	10.0	482.0	Hf-181	0.830	0.0106	41.1
238.6	Pb-212	0.434	0.0138	16.7	487.0	La-140	0.459	0.0106	22.8
241.9	Pb-214	0.075	0.0138	2.9	497.1	Ru-103	0.889	0.0105	44.6
243.4	Xe-125	0.288	0.0137	11.2	507.7	Zr-97	0.053	0.0104	2.7
249.8	Xe-135	0.901	0.0136	35.2	511.0	Co-58	0.301	0.0104	15.3

光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]	光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]
511.0	Na-22	1.810	0.0104	91.8	666.3	Sb-126	0.997	0.0092	56.5
511.0	Xe-123	0.450	0.0104	22.8	667.7	T-132	0.987	0.0092	56.0
511.9	Rh-106	0.207	0.0104	10.5	668.5	I-130	0.961	0.0092	54.5
514.0	Kr-85	0.004	0.0103	0.2	676.4	Ru-105	0.157	0.0092	8.9
526.6	Xe-135m	0.812	0.0102	41.7	685.7	Sb-127	0.353	0.0091	20.2
529.9	I-133	0.863	0.0102	44.4	685.8	W-187	0.316	0.0091	18.1
536.1	I-130	0.990	0.0102	51.2	694.8	Sb-126m	0.823	0.0091	47.4
537.3	Ba-140	0.244	0.0101	12.6	695.0	Sb-126	0.997	0.0091	57.5
544.7	Sb-129	0.179	0.0101	9.3	697.0	Sb-126	0.289	0.0091	16.7
550.3	Pm-148	0.220	0.0100	11.5	710.4	Sr-93	0.213	0.0090	12.4
550.3	Pm-148m	0.944	0.0100	49.4	719.7	Te-133	0.089	0.0089	5.2
551.5	W-187	0.059	0.0100	3.1	720.5	Sb-126	0.538	0.0089	31.5
555.6	Y-91m	0.949	0.0100	49.8	723.3	Eu-154	0.197	0.0089	11.6
569.3	Cs-134	0.150	0.0099	8.0	724.2	Zr-95	0.444	0.0089	26.1
583.2	Tl-208	0.851	0.0098	45.6	724.3	Ru-105	0.473	0.0089	27.8
590.3	Sr-93	0.328	0.0098	17.6	725.7	Pm-148m	0.327	0.0089	19.2
590.9	Mo-101	0.164	0.0097	8.8	727.2	Bi-212	0.068	0.0089	4.0
600.6	Sb-125	0.178	0.0097	9.6	739.5	Mo-99	0.112	0.0088	7.2
602.7	Sb-124	0.979	0.0097	53.2	739.5	I-130	0.823	0.0088	48.7
604.6	Cs-134	0.975	0.0096	53.0	742.6	Te-134	0.151	0.0088	9.0
606.6	Sb-125	0.050	0.0096	2.7	749.8	Sr-91	0.236	0.0088	14.1
609.3	Bi-214	0.469	0.0096	25.6	756.7	Zr-95	0.549	0.0087	32.9
610.3	Ru-103	0.056	0.0096	3.1	763.9	Ag-110m	0.224	0.0087	13.5
618.4	W-187	0.073	0.0095	4.0	765.8	Nb-95	1.000	0.0087	60.2
621.8	Rh-106	0.098	0.0095	5.4	767.2	Te-134	0.290	0.0087	17.5
630.0	Pm-148m	0.866	0.0095	49.0	772.6	I-132	0.762	0.0086	46.0
635.9	Sb-125	0.113	0.0094	6.3	773.7	Te-131m	0.382	0.0086	23.1
637.0	I-131	0.073	0.0094	4.1	778.9	Eu-152	0.130	0.0086	7.9
641.3	La-142	0.474	0.0094	26.4	783.7	Sb-127	0.145	0.0086	8.8
642.3	Sb-131	0.220	0.0094	12.3	793.8	Te-131m	0.139	0.0085	8.5
647.5	Te-133m	0.194	0.0094	10.9	795.8	Cs-134	0.851	0.0085	52.1
652.9	Sr-91	0.080	0.0093	4.5	810.8	Co-58	0.994	0.0085	61.4
657.7	Ag-110m	0.947	0.0093	53.4	811.8	Eu-156	0.103	0.0085	6.4
657.9	Nb-97	0.983	0.0093	55.4	812.8	Sb-129	0.430	0.0084	26.6
661.6	Ba-137m	0.899	0.0093	50.8	815.8	La-140	0.236	0.0084	14.6
664.5	Cw-143	0.053	0.0093	3.0	818.5	Cs-136	0.997	0.0084	61.8
666.1	Sb-126m	0.857	0.0092	48.5	834.8	Mn-54	1.000	0.0083	62.6

光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]	光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]
834.8	Kr-88	0.130	0.0083	8.1	1025.9	Np-238	0.010	0.0076	6.6
845.4	Kr-87	0.073	0.0083	4.6	1028.5	Np-238	0.203	0.0075	14.0
846.8	Mn-56	0.989	0.0083	62.3	1030.1	Sb-129	0.126	0.0075	8.7
846.8	Co-56	0.999	0.0083	62.9	1031.9	Rb-89	0.580	0.0075	40.0
847.0	I-134	0.954	0.0083	60.1	1038.8	I-135	0.080	0.0075	5.5
852.2	Te-131m	0.206	0.0083	13.0	1048.1	Cs-136	0.798	0.0075	55.5
856.7	Sb-126	0.176	0.0082	11.1	1072.6	I-134	0.150	0.0074	10.5
864.0	Te-133m	0.156	0.0082	9.9	1085.9	Eu-152	0.010	0.0073	7.0
873.2	Eu-154	0.115	0.0082	7.3	1099.2	Fe-59	0.565	0.0073	40.2
875.7	Sr-93	0.239	0.0082	15.3	1112.1	Eu-152	0.136	0.0073	9.7
881.6	Br-84	0.420	0.0081	26.9	1115.5	Ni-65	0.148	0.0072	10.6
884.1	I-134	0.649	0.0081	41.7	1115.5	Zn-56	0.507	0.0072	36.3
884.7	Ag-110m	0.729	0.0081	46.8	1120.3	Bi-214	0.155	0.0072	11.1
888.1	Sr-93	0.216	0.0081	13.9	1120.5	Sc-46	1.000	0.0072	71.8
889.3	Sc-46	1.000	0.0081	64.4	1121.3	Ta-182	0.349	0.0072	25.1
898.0	Rb-88	0.140	0.0081	9.1	1123.6	Sb-131	0.008	0.0072	6.0
911.3	Ac-228	0.290	0.0080	19.0	1125.5	Te-131m	0.114	0.0072	8.2
912.7	Te-133m	0.550	0.0080	35.8	1131.5	I-135	0.228	0.0072	16.4
914.6	Sb-129	0.200	0.0080	13.1	1153.5	Eu-156	0.071	0.0071	5.2
914.8	Te-133m	0.109	0.0080	7.1	1157.5	I-130	0.113	0.0071	8.2
914.8	Pm-148	0.115	0.0080	7.5	1173.2	Co-60	0.999	0.0071	73.4
915.3	Pm-148m	0.171	0.0080	11.2	1189.0	Ta-182	0.164	0.0070	12.1
933.1	Sb-131	0.246	0.0079	16.2	1206.6	Te-131m	0.098	0.0070	7.3
937.5	Ag-110m	0.343	0.0079	22.7	1221.4	Ta-182	0.273	0.0069	20.5
943.4	Sb-131	0.440	0.0079	29.1	1230.7	Eu-156	0.089	0.0069	6.7
954.5	I-132	0.181	0.0078	12.1	1231.0	Ta-182	0.116	0.0069	8.7
964.1	Eu-152	0.145	0.0078	9.7	1235.4	Cs-136	0.200	0.0069	15.1
964.8	Ac-228	0.055	0.0078	3.7	1238.3	Co-56	0.670	0.0069	50.5
966.4	Sb-129	0.077	0.0078	5.2	1242.4	Eu-156	0.067	0.0069	5.1
969.2	Ac-228	0.175	0.0078	11.7	1248.1	Rb-89	0.423	0.0069	32.0
984.5	Np-238	0.278	0.0077	18.8	1260.4	I-135	0.289	0.0068	22.0
996.3	Eu-154	0.103	0.0077	7.0	1274.4	Eu-154	0.355	0.0068	27.1
1004.8	Eu-154	0.174	0.0076	11.9	1274.5	Na-22	0.999	0.0068	76.4
1009.8	Cs-138	0.298	0.0076	20.4	1291.6	Fe-59	0.432	0.0067	33.3
1012.5	Mo-101	0.128	0.0076	8.8	1332.5	Co-60	1.000	0.0066	78.2
1013.8	Pm-148m	0.202	0.0076	13.8	1333.2	Te-133	0.107	0.0066	8.4
1024.3	Sr-91	0.334	0.0076	23.0	1368.6	Na-24	1.000	0.0065	79.3

光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]	光子エネルギー [keV]	放射性核種	Yield [s ⁻¹ Bq ⁻¹]	μ'_s [m ⁻¹]	ϕ/A_v [m s ⁻¹ Bq ⁻¹]
1383.9	Sr-92	0.900	0.0065	71.8	2554.8	Kr-87	0.092	0.0047	10.1
1384.3	Ag-110m	0.243	0.0065	19.4	2570.2	Rb-89	0.099	0.0047	10.9
1408.0	Eu-152	0.209	0.0064	16.8	2598.6	Co-56	0.167	0.0046	18.5
1435.9	Cs-138	0.763	0.0064	62.0	2614.5	Tl-208	0.999	0.0046	110.7
1457.6	I-135	0.087	0.0063	7.1	2639.6	Cs-138	0.076	0.0046	8.5
1460.8	K-40	0.107	0.0063	8.8	2754.0	Na-24	0.999	0.0045	113.5
1465.1	Pm-148	0.222	0.0063	18.2	3253.5	Co-56	0.074	0.0041	9.2
1481.8	Ni-65	0.235	0.0063	19.4	3927.5	Br-84	0.068	0.0037	9.3
1505.0	Ag-110m	0.131	0.0062	10.9					
1529.8	Kr-88	0.109	0.0062	9.1					
1532.5	Mo-101	0.060	0.0062	5.0					
1596.2	La-140	0.954	0.0060	81.7					
1678.0	I-135	0.096	0.0059	8.4					
1691.0	Sb-124	0.488	0.0059	43.1					
1736.5	Sb-129	0.060	0.0058	5.4					
1764.5	Bi-214	0.162	0.0057	14.6					
1768.3	Xe-138	0.167	0.0057	15.1					
1771.4	Co-56	0.155	0.0057	14.0					
1791.2	I-135	0.078	0.0057	7.1					
1810.7	Mn-56	0.272	0.0056	24.8					
1836.0	Rb-88	0.214	0.0056	19.7					
1897.6	Br-84	0.147	0.0055	13.8					
1901.3	La-142	0.072	0.0055	6.7					
2004.8	Xe-138	0.054	0.0053	5.2					
2015.8	Xe-138	0.123	0.0053	11.9					
2032.1	Mo-101	0.069	0.0053	6.7					
2091.0	Sb-124	0.056	0.0052	5.5					
2113.0	Mn-56	0.143	0.0052	14.2					
2195.8	Kr-88	0.132	0.0051	13.4					
2195.9	Rb-89	0.133	0.0051	13.5					
2204.1	Bi-214	0.052	0.0051	5.3					
2218.0	Cs-138	0.152	0.0051	15.5					
2392.1	Kr-88	0.346	0.0049	36.6					
2397.8	La-142	0.133	0.0049	14.1					
2484.1	Br-84	0.067	0.0048	7.2					
2542.7	La-142	0.100	0.0047	10.9					

(3) ダストモニタの波高スペクトルを用いた評価

ダストモニタの検出器としてゲルマニウム半導体検出器を用いることで、ゲルマニウム半導体検出器の優れたエネルギー分解能により、放射性核種の定量が可能となり、大気中の放射性核種濃度を評価することが可能である。

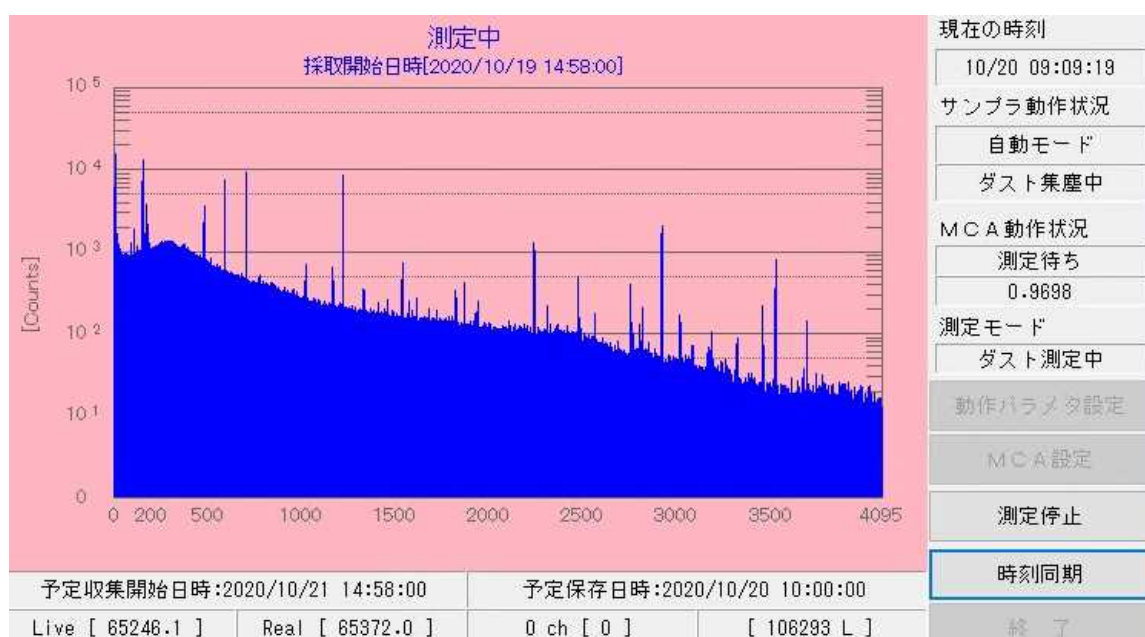
ダストモニタは、原子力施設からの放射性物質の放出を早期検出するために使用されており、その目的においてはNaI(Tl)シンチレーション検出器の方が感度の面で優れている。

また、ゲルマニウム半導体検出器は、検出器が高価であることと、検出器を冷却する必要があり、連続モニタとして使用する場合には、管理面での負担が大きくなることに注意が必要である。

ゲルマニウム半導体検出器による放射性核種の定量方法については、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γ線スペクトロメトリー」を参照すること。



図参 C-6 ゲルマニウム半導体検出器を用いたダストモニタの例



図参 C-7 ゲルマニウム半導体検出器の波高スペクトル例

付 録

付録 A 用語の定義

本マニュアルで使用している用語の定義を示す。

用語	説明
PAZ	Precautionary Action Zone 予防的防護措置を準備する区域 ・放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避又は最小化するため、EAL に応じて、即時避難を実施する等、放射性物質が放出される前の段階から予防的に防護措置を準備する区域 ・発電用原子炉施設に係る PAZ の具体的な範囲は、「原子力施設からおおむね半径 5 km」が目安
UPZ	Urgent Protective action planning Zone 緊急防護措置を準備する区域 ・確率的影響のリスクを低減するため、EAL、OIL に基づき、緊急防護措置を準備する区域 ・発電用原子炉施設に係る UPZ の具体的な範囲は、「原子力施設からおおむね半径 30 km」が目安
平常時モニタリング	原子力施設の操業開始後（緊急事態を除く）に実施する環境放射線モニタリング
緊急時モニタリングの準備	原子力災害対策指針に基づく警戒事態に実施する環境放射線モニタリング
緊急時モニタリング	原子力災害対策指針に基づく施設敷地緊急事態及び全面緊急事態に実施する環境放射線モニタリング
情報収集事態	放射性物質の放出の有無等を確認する段階
緊急事態の区分	原子力災害対策指針に基づく「警戒事態」、「施設敷地緊急事態」、「全面緊急事態」に区分
警戒事態	原子力施設における異常事象の発生又はそのおそれがあるため、情報収集や、緊急時モニタリングの準備、施設敷地緊急事態要避難者の避難等の防護措置の準備を開始する必要がある段階
施設敷地緊急事態	原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性のある事象が生じたため、原子力施設周辺において緊急時に備えた避難等の主な防護措置の準備を開始する必要がある段階
全面緊急事態	原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が生じたため、重篤な確定的影響を回避（最小化）するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階
大気浮遊じん	大気中を浮遊する粒子状物質
大気	気体状で存在する大気そのもの
大気中水分	大気中に存在する水分

用語	説明
放射性プルーム	放射性の気体状又は粒子状の物質を含んだ空気の一団
外部被ばく	体外にある放射線源から放射線を受けること
内部被ばく	放射性物質を吸入、経口摂取等により体内に取り込み、体内にある放射線源から放射線を受けること
検出下限値	測定試料と測定条件（測定器、測定時間等）が決められたとき、測定対象を検出できる最小値
最高検出感度	JIS Z 4316:2006 に規定されている、放射能濃度を測定するためにダストモニタに要求される検出感度
決定しきい値	JIS Z 4316:2013 に規定されている、バックグラウンドとの差が有意であるダストモニタの測定値のしきい値
平常の変動幅	原子力施設の通常運転時かつ測定条件等が適切に管理されている場合において、概ねある一定の幅の中に納まると考えられる測定値の変動幅
計数	計数装置の1回の応答（カウント）
計数率	単位時間当たりの計数値。通常は cpm 又は cps で示す。
数え落とし	放射性粒子又はパルスを計数するとき、検出器の不感時間、分解時間、パイルアップ等によって測定計数値が減少すること、又はその減少分

参考文献・参照文献

作成中