技術参考資料 1

# 大気中放射性物質のモニタリング
# に関する技術参考資料

平成 15 年

文　部　科　学　省

科学技術・学術政策局

原子力安全課防災環境対策室

# 刊行にあたって

放射性降下物及び原子力施設周辺の環境放射能モニタリングにおける放射能・放射線の分析・測定は、データ評価の観点から、斉一化された方法により実施されることが望ましい。

放射能・放射線の分析・測定手法の基準化については、文部科学省が「放射能測定法シリーズ」として分析・測定の際の手順を定め、環境放射線モニタリングのマニュアルとして自治体等で用いられている。

今般、大気中放射性物質のモニタリングに係る測定手法の基準化については、自治体の調査体制や整備状況などをふまえ、「放射能測定法マニュアル等専門家会合」において当該分野の専門家による審議を経て、関係者において技術情報を広く共有することを目的とした「技術参考資料」として制定することとした。

本資料が、関係各機関において信頼できるデータを提供するために役立てられ、環境放射能分析技術のより一層の向上に貢献されることを期待する。

平成 15 年 7 月

文部科学省科学技術・学術政策局
原子力安全課防災環境対策室

目　次

第 1 章　序　論 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

第 2 章　指針等による環境モニタリングの目標 ・・・・・・・・・・・・・・・ 2

第 3 章　方　法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.1　モニタリングの基本 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.2　平常時及び緊急時のモニタリング ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
3.2.1　平常時のモニタリング法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
3.2.2　緊急時のモニタリング法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

第 4 章　現　状 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
4.1　サンプリング法とモニタリング法の利用の現状 ・・・・・・・・・・・ 7
4.2　浮遊じんモニタリングと精密測定の現状 ・・・・・・・・・・・・・・ 7
4.3　使用捕集材の種類と流量、捕集時間の現状 ・・・・・・・・・・・・・ 7

第 5 章　設　備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
5.1　モニタリング設備の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
5.2　ダストモニタ及びヨウ素モニタ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
5.2.1　集じん部 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
5.2.2　検出部 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
5.3　テレメータシステム ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
5.4　モニタリングステーション内設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
5.5　可搬型サンプラ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

第 6 章　捕集材の特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
6.1　浮遊じん捕集材の特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
6.1.1　浮遊じん捕集用ろ紙 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
6.1.2　α粒子捕集用ろ紙 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
6.2　ヨウ素捕集材の特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
6.2.1　活性炭含浸ろ紙と活性炭カートリッジ ・・・・・・・・・・・・・・ 27
6.2.2　活性炭素繊維ろ紙 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
6.2.3　注意事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28

第 7 章　サーベイメータの特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
7.1　ZnS（Ag）シンチレーション式サーベイメータ ・・・・・・・・・・・・ 32

7.2　NaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータ　・・・・・・・・・・・・ 32

第 8 章　点検・校正　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
8.1　ダストモニタ、ヨウ素モニタの点検　・・・・・・・・・・・・・・ 37
8.1.1　外観検査　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
8.1.2　単体動作、性能試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
8.2　ダストモニタ、ヨウ素モニタの校正　・・・・・・・・・・・・・・ 38
8.2.1　ダストモニタ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
8.2.2　ヨウ素モニタ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
8.3　モニタリング車搭載モニタの点検・校正　・・・・・・・・・・・・ 38
8.3.1　外観検査　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
8.3.2　単体動作、総合性能（校正）検査　・・・・・・・・・・・・・ 39
8.4　サーベイメータの点検　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
8.4.1　詳細な点検法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
8.4.2　日常の保守点検法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
8.5　サーベイメータの校正　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
8.5.1　線量率測定用サーベイメータ　・・・・・・・・・・・・・・・ 40
8.5.2　表面汚染測定用サーベイメータ　・・・・・・・・・・・・・・ 41

第 9 章　平常時モニタリングの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
9.1　平常時浮遊じんモニタリング　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
9.1.1　機器及び器具　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
9.1.2　試料採取　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
9.1.3　測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43
9.1.4　精密測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
9.2　平常時ヨウ素モニタリング　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
9.2.1　機器及び器具　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
9.2.2　試料採取　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
9.2.3　測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45
9.2.4　精密測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45
9.3　ラドン・トロン崩壊生成物の影響　・・・・・・・・・・・・・・・ 45

第 10 章　緊急時モニタリングの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
10.1　緊急時浮遊じんモニタリング　・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
10.1.1　機器及び器具　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
10.1.2　試料採取　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
10.1.3　モニタリング地点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48
10.1.4　簡易測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48

10.1.5　精密測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　48
10.2　緊急時ヨウ素モニタリング　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　49
10.2.1　機器及び器具　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　49
10.2.2　試料採取　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　49
10.2.3　モニタリング地点　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　49
10.2.4　モニタによる連続測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　50
10.2.5　簡易測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　50
10.2.6　精密測定　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　51

付　録
付録1　ラドン・トロン崩壊生成物の影響　・・・・・・・・・・・・・・・・　55
付録2　プルトニウム測定装置の開発例　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　59
開発例－1　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　59
開発例－2　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　62
付録3　大気中放射性ヨウ素の性状　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　65
付録4　緊急時における放射性ヨウ素測定法の適用例　・・・・・・・・・・・　71
付録5　等価線量の計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　76
付録6　参考文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　80

# 第１章　　序　論

環境モニタリングは、原子力施設周辺の住民等の健康と安全を守るため、環境における原子力施設に起因する放射性物質又は放射線による周辺住民等の線量が線量限度を十分に下回っていることを確認することを基本目標として、地方公共団体が中心となり行われている。

最近、「環境放射線モニタリングに関する指針」の目標の一つである原子力施設からの予期しない放射性物質放出による周辺環境への影響の評価に資するため、多くの地方公共団体において、大気浮遊じん等に対して、迅速な情報を得ることができる環境モニタリング設備が広く普及している。

しかしながら、環境モニタリングの対象である原子力施設は、原子力発電所、研究炉施設、核燃料施設等の種類と規模も多様であり、想定される事象、事故内容及び放射性物質の放出形態等も複雑である。

本書は、このような複雑な状況下において、平常時及び緊急時の環境モニタリング指針と現に整備されている環境モニタリング設備の現状を踏まえ、平常時及び緊急時における大気浮遊じん等の採取及び測定法等に関して、さらなる技術水準の向上と斉一化を図るための資料としてまとめたものである。

## 第 2 章　指針による環境モニタリングの目標

平常時及び緊急時における環境放射線モニタリングの目標は、それぞれ「環境放射線モニタリングに関する指針」*1（平成 13 年 3 月一部改訂）と「緊急時環境放射線モニタリング指針」*2（平成 13 年 3 月一部改訂）に示されている。大気浮遊じん等に対する環境モニタリングについても、地方公共団体は、これらの目標を達成するため環境モニタリング機器や放射能測定法マニュアル等を整備し、異常事態発生の通報があった場合には、緊急時モニタリングができる体制を整えておく必要がある。

本資料中の「モニタリング」とは、原子力施設周辺における大気浮遊じん又はヨウ素に対して、その捕集、検出、測定等を意味する。

上記の各指針には、モニタリングの実施に関してモニタリングの計画立案、実施及び線量の評価についての具体的な方法が示されている。また、「原子力施設等の防災対策について」（平成 13 年 3 月一部改訂）には、緊急時におけるモニタリングの基本的事項が示されている。それらの中から「大気中の放射性物質の濃度測定」に関する部分を要約して次表に示す。

従って、指針は、平常時及び緊急時における大気中の放射性物質の濃度を測定するモニタリングを実施する際の試料採取及び測定装置として、上表を最小限満足する構成を要求している（表中、右側のウラン、プルトニウムについては、異常事態発生時に放出される可能性のある施設がある場合に該当する）。

---

*1　「環境放射線モニタリングに関する指針」

① 周辺住民等の線量を推定、評価すること

② 環境における放射性物質の蓄積状況を把握すること

③ 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による周辺環境への影響の評価に資すること

④ 異常事態発生の通報があった場合に、平常時のモニタリングを強化するとともに、緊急時モニタリングの準備を開始できるように体制を整えること

*2　「緊急時環境放射線モニタリング指針」

① 原子力施設周辺の空間放射線量率及び周辺に放出された大気中の放射性物質（放射性希ガス、放射性ヨウ素、ウラン又はプルトニウム）の濃度の把握

② 放射性物質の放出により影響を受けた環境試料中の放射性物質の濃度の把握

③ 適切な防護対策に資するための周辺環境における予測線量の迅速な把握

④ ①を継続し、さらに対象とする核種を増やすなど、より詳細な大気中の放射性物質の濃度の把握

⑤ ②を継続し、さらに対象とする核種を増やすなど、より詳細な環境試料中の放射性物質の濃度の把握

⑥ 周辺住民等が実際に被ばくしたと考えられる線量の評価

(1)　平常時

| | 浮遊じん | ウラン、プルトニウム |
|---|---|---|
| 試料採取 | ダストサンプラによる連続集じん | － |
| 測定 | Ge 半導体γ線スペクトロメータ又は NaI(Tl)シンチレーション式γ線スペクトロメータによる核種分析（1～3ヵ月毎） | Si 半導体α線スペクトロメータ |
| 異常事態発生時 | ・サンプラによる測定監視を頻繁に行う。<br>・ろ紙等の交換期間を短縮する。<br>・必要に応じ放射性ヨウ素を採取する。 | － |

(2)　緊急時

| | ヨウ素 | ウラン、プルトニウム |
|---|---|---|
| 試料採取 | ヨウ素サンプラ（活性炭カートリッジ、活性炭入りろ紙等装備） | ダストサンプラ（ろ紙等装備） |
| 測定 | ・NaI(Tl) シンチレーション式サーベイメータ又はGM計数管式サーベイメータ<br>・Ge 半導体γ線スペクトロメータ又は NaI(Tl)シンチレーション式γ線スペクトロメータ | ・ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータ<br>・Si 半導体α線スペクトロメータ又は ICP－MS |

一方、各地方公共団体においては、上記の各指針に示されている基本的考え方及び技術的事項を踏まえて、環境モニタリング設備の整備、および、それらを実施する体制の整備等を図ってきたところである。

しかしながら、環境試料の測定機器のうち、大気中の放射性物質の濃度を測定するモニタリング設備であるダストモニタ（サンプラ）及びヨウ素モニタ（サンプラ）設備の構成や運用については、原子力施設の種類や規模及び地域の特徴等を背景にかなりの相違を確認することができる。

# 第 3 章　　方　法

平常時及び緊急時におけるモニタリングの目標は、前章に記述したとおり「環境放射線モニタリングに関する指針」等に定められており、また、モニタリングの計画立案、実施及び線量評価についても、基本的な方法が示されている。

この指針等に示されている最小限具備すべき設備は、サンプリング法に関係する機器である。サンプリング法では、ある一定期間大気中放射性物質を捕集したろ紙等を実験室においてGe半導体スペクトロメータ等を用いて濃度を精密測定する。一方、各地方公共団体等で整備が図られているモニタリング装置では、機器の設置現場において、大気中放射性物質をろ紙上に集じんしながら、または、集じん後早い段階で放射性物質を測定し、計数率変化等を把握し、環境等に異常のないことが確認される。表 3.1 にサンプリング法とモニタリング法の特徴を示す。

大気中における放射性物質の濃度の監視は、対象施設の多様化、異常事象の複雑化、地域の差が大きい自然のラドン・トロン崩壊生成物の影響等があり、それらの手法の斉一化は困難な面が多い。本資料は、そのような背景を踏まえて、平常時及び緊急時におけるモニタリングついて、さらなる技術の向上及び斉一化を図るため、モニタリング設備（装置）、大気放射性物質の捕集材、濃度の測定評価、モニタ等の点検・校正等に関してまとめた。

## 3.1　モニタリングの基本

大気中の放射性物質に対するモニタリングの基本についてまとめると、平常時におけるモニタリングの目標は、前章の「環境放射線モニタリングに関する指針」に示されているとおりであり、さらに、具体的に示すと、①原子力施設周辺の環境試料中の放射能を把握し、原子力施設に起因する周辺住民等への線量を推定・評価し、その結果が線量限度を下回っていることを確認すること、②施設周辺における放射性物質の蓄積状況を調査すること、③原子力施設から予期しない放出の場合における影響を的確、迅速に評価すること、④異常事態の通報があった場合における、平常時モニタリングの強化及び緊急時モニタリング実施体制の確立と資機材の整備を行うことである。

緊急時における周辺環境の放射性物質に関する情報を得るためのモニタリングの具体的な目標は、前章に示した「緊急時環境放射線モニタリング指針」の①～⑥として示され、その中で①～③が迅速さに重点をおいた第 1 段階のモニタリングと、全般的な影響の評価に重点をおいた④～⑥の第 2 段階のモニタリングとに区別される。

このような基本的流れに基づいたモニタリングは、モニタリング装置又は測定機器の機能、性能を熟知し、対象核種の監視すべき濃度を得るためのモニタリング条件を設定することにより実施される。

実際にモニタリングを行う場合、自然に存在するラドン・トロン崩壊生成物の影響がその結果に大きく寄与する。平常時のモニタリングにより多くのデータを蓄積し、さらに、モニタリング法の技術の向上及び体制の改善を図ることが必要である。

## 3.2　平常時及び緊急時のモニタリング

### 3.2.1　平常時のモニタリング法

平常時のモニタリングは、あらかじめ定められた監視体制及び監視方法に基づいて、モニタの取扱い技術を十分に熟知した上で、測定条件を設定し適切な操作を行う必要がある。

平常時における放射能濃度の把握は、サンプリング法とモニタリング法で異なっている。モニタリング法では、自然のラドン・トロン崩壊生成物の影響を大きく受けるが、異常な濃度を迅速に検出し、評価することが可能である。サンプリング法では、ある一定期間集じんしたろ紙を Ge 半導体γ線スペクトロメータ NaI (Tl)シンチレーション式γ線スペクトロメータ等を用いた精密測定により正確な評価が行われる。

### 3.2.2　緊急時のモニタリング法

緊急時のモニタリングにおいては、指針「原子力施設等の防災対策について」及び「緊急時環境放射線モニタリング指針」に記載のある試料採取及び測定装置等の準備が必要である。例えば、①原子炉施設からのヨウ素、核燃料施設からのウラン又はプルトニウムを集じんする可搬型サンプラ、②大気浮遊じん捕集用ろ紙、ヨウ素捕集用に適合した活性炭含浸ろ紙、活性炭カートリッジ及び活性炭素繊維ろ紙、③簡易測定時に用いるヨウ素用の NaI (Tl)シンチレーション式又は GM 計数管式サーベイメータ、ウラン又はプルトニウムに対する ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータ、④ヨウ素、セシウム等に対する Ge 半導体γ線スペクトロメータ及びウラン又はプルトニウムに対する Si 半導体α線スペクトロメータ等である。

以上のように、対象核種が限定されている場合は、モニタリング目標値を定め、可搬型サンプラの流量と捕集時間、使用予定の測定器の検出下限値（濃度）をあらかじめ定めたモニタリング手法を確立しておくことが必要である。

表 3.1　サンプリング法とモニタリング法の特徴

<table>
<tr><th colspan="3">集じん方式</th><th>測定時期</th><th>長　　所</th><th>短　　所</th><th>備　考</th></tr>
<tr><td rowspan="2">サンプリング法</td><td>固定ろ紙</td><td>－</td><td rowspan="2">集じん終了後、１月分をまとめて数日後</td><td rowspan="2">・自然放射性核種のラドン・トロン崩壊生成物の影響を除いた低い検出下限レベルの評価が得られる。</td><td rowspan="2">・異常*1の把握が遅れる可能性がある。</td><td rowspan="2">・Ge 半導体スペクトロメータによる精密測定評価</td></tr>
<tr><td>移動ろ紙</td><td>間欠送り</td></tr>
<tr><td rowspan="4">モニタリング法</td><td rowspan="4">移動ろ紙<br>(ロール紙)</td><td rowspan="2">連続送り</td><td>集じん中</td><td>・計数率等の変動結果がリアルタイムで得られる。</td><td>・短半減期のラドン・トロン崩壊生成物の影響が大きい。</td><td rowspan="4">・全α、全β単独又は（全α＋全β）一体型の検出器を使用<br>・Ge 半導体スペクトロメータによる精密測定評価</td></tr>
<tr><td>集じん後 3～6 時間経過後</td><td>・短半減期のラドン・トロン崩壊生成物の影響が減少し、異常の判断が容易になる。</td><td>・集じん終了後 3～6 時間以降でないと異常*1の状況把握ができない。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">間欠送り</td><td>集じん中</td><td>・計数率等の変動結果がリアルタイムで得られる。</td><td>・短半減期のラドン・トロン崩壊生成物の影響が大きい。</td></tr>
<tr><td>集じん後 3～6 時間経過後</td><td>・短半減期のラドン・トロン崩壊生成物の影響が減少し、異常*1の判断が容易になる。</td><td>・集じん終了後 3～6 時間以降でないと異常*1の状況把握ができない。</td></tr>
</table>

*1　天然に存在する放射性核種のラドン・トロン崩壊生成物の影響を除いた人工放射性核種の低い放射能濃度

# 第 4 章　現　状

各地方公共団体におけるモニタリングは、モニタリング設備及びモニタリング方法に改善を図る中で、長年にわたり継続し貴重な資料を蓄積している。

平成 14 年度現在、原子力災害特別措置法の制定（平成 11 年 12 月）に伴い、モニタリング対象の原子力施設等が追加され、原子力発電所立地県及び隣接県においてモニタリングを実施している地方公共団体を含めた数は 20 に達しており、表 4.1 に調査対象の道府県と機関名を示す。その内訳は、原子力発電施設（一部、核燃料施設を含む）対象が 15、残り 5 が核燃料施設（一部、試験研究炉を含む）である。ここに、モニタリングの現状について以下にまとめた。

## 4.1　サンプリング法とモニタリング法の利用の現状

(1) モニタリングは、モニタリングステーション内に設置されたダストモニタ又はダストサンプラ、加えて、ヨウ素モニタ又はダストサンプラを用いて行われている。その方法は、浮遊じん及びヨウ素に対してサンプリング法とモニタリング法に区分できる。20 道府県の利用の現状を表 4.2 に示す。

(2) 原子力発電施設区分の浮遊じんに対するモニタリング法は、15 ヵ所中 11 ヵ所で採用され、核燃料施設区分においては 5 ヵ所中 4 ヵ所で採用されている。さらに、ヨウ素モニタリングに対しては、連続サンプリング法が 2 ヵ所で行われ、8 ヵ所でヨウ素モニタが設置されているが、緊急時に稼動する体制である。

(3) モニタリング法でプラスチックシンチレータに ZnS(Ag) シンチレータを塗付した $\alpha$ ＋ $\beta$ 線検出器を採用しているのは、施設区分で原子力発電施設 11 ヵ所、核燃料施設 3 ヵ所である。

## 4.2　浮遊じんモニタリングと精密測定の現状

(1) 浮遊じんに対するモニタリングにおいては、多くがダストモニタを利用し、迅速な情報の把握に取り組んでいる。サンプリング法又はモニタリング法により一定期間捕集したろ紙の精密測定の現状を表 4.3 に示す。

(2) サンプリング法を採用した場合は、Ge 半導体スペクトロメータによる精密測定を行い濃度を評価している。一方、ダストモニタを用いて放射能濃度を監視し、さらに、精密測定を行っているのは半数に満たない。

## 4.3　使用捕集材の種類、流量、捕集時間の現状

(1) 浮遊じん又はヨウ素のモニタリングに用いている捕集材の種類、流量、捕集時間について、表 4.4 に示す。

(2) 浮遊じんに対する捕集用ろ紙は、大部分がセルローズ・ガラス繊維のロール状ろ紙を使用している。ヨウ素に対しては、活性炭含浸ろ紙と活性炭カートリッジの組み合わせと活性炭カートリッジ単独の採用がそれぞれ半数である。ヨウ素捕集材の多くは、TEDA

（トリエチレンジアミン）10%の添着炭を使用している。

(3) 流量は、浮遊じんについては200～250 l／minが多く、ヨウ素については多くが50 l／minである。

(4) 捕集方法については、浮遊じんに対して連続捕集している例が3ヵ所あるが、大部分は6時間の間欠捕集方式を採用している。ヨウ素に対しては、捕集期間が10分から1月間まで多様な捕集が行われている。

表 4.1　調査対象の道府県名と機関名

| No. | 道府県名 | 機関名 |
|---|---|---|
| 1 | 北 海 道 | 原子力環境センター |
| 2 | 青　　森 | 環境保健センター |
| 3 | 宮　　城 | 原子力センター |
| 4 | 福　　島 | 原子力センター |
| 5 | 新　　潟 | 放射線監視センター |
| 6 | 茨　　城 | 公害技術センター |
| 7 | 神 奈 川 | 防災局災害対策課 |
| 8 | 静　　岡 | 環境放射線監視センター |
| 9 | 石　　川 | 保健環境センター |
| 10 | 福　　井 | 原子力環境監視センター |
| 11 | 滋　　賀 | 企画県民部消防防災課 |
| 12 | 京　　都 | 保健環境研究所 |
| 13 | 大　　阪 | 総務部防災室 |
| 14 | 島　　根 | 保健環境科学研究所 |
| 15 | 岡　　山 | 環境保健センター |
| 16 | 鳥　　取 | 衛生環境研究所 |
| 17 | 愛　　媛 | 衛生環境研究所 |
| 18 | 佐　　賀 | 環境センター |
| 19 | 長　　崎 | 衛生公害研究所 |
| 20 | 鹿 児 島 | 環境保健センター |

（原子力発電施設：15、核燃料施設：5）

表 4.2　ダストモニタ（サンプラ）、ヨウ素モニタ（サンプラ）の利用の現状

| 施　設 | モニタリング法*1 | | 該当数 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| | 浮遊じん | ヨウ素 | | |
| 原子力発電施設 15 | M＝11 （α＋β）、（β） | M　緊急時 | 8 | |
| | | S　連　続 | 1 | |
| | | S　定期的 | 2 | |
| | S ＝ 4 | S　緊急時 | 3 | 1ヵ所はMに変更予定 |
| | | S　連　続 | 1 | Mに変更予定 |
| 核燃料施設 5 | M ＝ 4 （α＋β）、（α） | M　緊急時 | 3 | |
| | | － | 1 | |
| | S ＝ 1 | － | 1 | |

*1　M：モニタリング法　S：サンプリング法

表 4.3　浮遊じんモニタリングと精密測定の現状

| 施　設 | 浮遊じんの モニタリング法*1 | 精密測定*2 | 該当数 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 原子力発電施設 15 | M（α＋β）、（β） | γsp | 8 | |
| | M（α＋β） | － | 3 | |
| | S（β） | γsp | 4 | |
| 核燃料施設 5 | M（α＋β） | γsp | 3 | その他U、Pu、Sr測定 |
| | M（α） | － | 1 | |
| | S（β） | γsp | 1 | |

*1　M：モニタリング法　S：サンプリング法

*2　γsp：γ線スペクトロメトリー

表 4.4　使用捕集材の種類、捕集時間、流量の現状

| 施設 | ダストモニタ（サンプラ） | | | ヨウ素モニタ（サンプラ） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 捕集材の種類*1 | 捕集時間*2 | 流量（l／min） | 捕集材の種類*3 | 捕集時間*2 | 流量（l／min） |
| 原子力発電施設 15 | HE－40T | 240h | 50 | CP－20＋CHC－50 | 5min | 50 |
| | HE－40T | 1M | 30 | CP－20＋CHC－50 | 1M 連続 | 30 |
| | HE－40T | 6h | 250 | － | － | － |
| | HE－40T | 6h | 200 | CP－20＋CHC－50 | 10min | 50 |
| | HE－40T | 24h | 100～150 | CHC－50 | － | 50 |
| | HE－40T | 6h | 100 | CHC－50 | － | － |
| | HE－40T | 連続 25mm／h | 200 | CHC－50 | 10min | 50 |
| | HE－40T | 3h | 100 | CHC－50 | 1M 連続 | 20 |
| | HE－40T | 6h | 250 | CHC－50 | 4／y 定期 | 50 |
| | HE－40T | 6h | 250 | CHC－50 | 1h | 50 |
| | HE－40T ミリポア AA | 1h | 100 | CHC－50 | 10min | 35 |
| | HE－40T | 連続 25mm／h | 250 | CP－20＋CHC－50 | 1h | 50 |
| | HE－40T | 6h | 250 | CP－20＋CHC－50 | | 50 |
| | HE－40T | 6h | 250 | CP－20＋CHC－50 | 1h | 50 |
| | GB－100 | 連続 10mm／h | 200 | CHC－50 | － | 70 |
| 核燃料施設 5 | HE－40T | 168h | 100 | － | － | － |
| | HE－40T | 6h | 200 | CP－20＋CHC－50 | 2h | 50 |
| | HE－40T | 6h | 200 | CP－20＋CHC－50 | | 50 |
| | HE－40T | 3h | 250 | － | － | － |
| | HE－40T | 48h×2 回/月 | 800 | － | － | － |

*1　HE－40T、GB－100：ロール紙を使用

*2　捕集材交換までの捕集時間

*3　CP－20＋CHC－50：TEDA10％の添着炭を使用

# 第 5 章　　設　備

## 5.1　モニタリング設備の概要

ダストサンプラは、ろ紙を装着する集じん部と、吸引ポンプ、流量計、圧力計等を擁する吸引部とで構成されている。ダストモニタは、ダストサンプラとろ紙上の放射能を連続して測定するための検出器、計測部等から構成されている。ダストモニタには、捕集期間中ろ紙を固定する固定ろ紙式と、ロール状ろ紙を一定速度で連続して移動、または、一定時間毎に間欠的に移動させる方式がある。

平常時におけるダストサンプラ又はダストモニタは、モニタリングステーション内に整備されており、緊急時には、監視の強化が図られ、有用な大気中の放射性物質の濃度に関する情報を提供する。ヨウ素サンプラ（モニタ）は、事故情報等を得た後に稼働させ監視が行われる。

集じん部は、その地域の代表的な濃度が測定、評価できる試料を得るため、バイパスリークの防止措置を施した気密性構造が要求される。検出器は、全α、全βそれぞれ単独の検出器の他に、全α＋全β同時測定検出器がある。また、ヨウ素を対象としてγ線用検出器がある。計測部はコンピューターと連動してこれらの計数値のデータの処理、表示を容易にし、また、テレメータシステムによりモニタ全体の運転管理、情報の総合管理や記録が容易な機能を有している。

一方、緊急時においては、より広範囲な地域を迅速に調査しなければならないため、モニタリング車の有効活用が必要である。複数の可搬型サンプラ、簡易測定機器、通信装置等を事前に準備しておくことと、モニタリング地点を原子力施設等周辺にあらかじめ定めておくことが必要である。

## 5.2　ダストモニタ及びヨウ素モニタ

原子力施設等周辺において、大気中の放射性物質の濃度をモニタリングするため、ダストモニタ及びヨウ素モニタが利用されている。これらモニタ等は、ろ紙上に捕集する大気中放射性物質の濃度の変化を、早期に検出できるが、大気中に存在する自然のラドン・トロン崩壊生成物の影響を受ける。

モニタ等に使用するろ紙については、捕集の対象となる大気中浮遊じん、ヨウ素等に対して、各ろ紙の性能、特徴を十分に理解して、捕集対象の放射性物質の物理的化学的性状に適合した捕集材を選択することが重要である。

これらモニタ等に関しては、JIS による規格があり、各メーカーは、これに準じて製作しており、高い信頼性が得られている。既設のダストモニタ及びヨウ素モニタの主な仕様を表 5.1 に示す。

モニタ等の主要構造部である集じん部及び検出部について、要点を以下に示す。

### 5.2.1　集じん部

(1)　ろ紙ホルダ

採用する大気試料捕集用ろ紙とヨウ素捕集材との組み合わせに適合したろ紙ホルダを用いる。ろ紙等の組み合わせは、ダスト捕集用ろ紙単独の場合とそれにヨウ素捕集用活性炭含浸ろ紙（活性炭素繊維ろ紙）又は活性炭カートリッジを直列に配置する場合がある。いずれも、ろ紙ホルダ及びカートリッジホルダに収め、パッキン等で大気試料のバイパスリークの防止措置が施されている集じん器に装着される。

ダスト捕集用ロール状ろ紙は、供給及び巻き取りスプールにセットされ、連続又は間欠方式で移動できるようになっている。ろ紙送りは、現場又は遠隔制御ができ、10、30 分、さらに、1 時間から 6 時間の任意の時間設定が可能である。検出器は、ろ紙送り間隔との関係で最適な位置に固定され、バックグラウンドを低減するため、3cm 又は 5cm 厚さの鉛遮へいが必要である。

集じん部の構造上の問題として、集じんする環境を代表する濃度を測定評価するため、集じん部の気密性の保持は重要である。漏えい量は定格吸引量の 5%以下と JIS に定められている。

(2) ポンプ、流量計、

ろ紙等の圧力損失の変化に基づく流量の変動は、ポンプの種類に依存する。ロータリー型ポンプは、流量が多く変動も少ない。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。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、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。

流量計としては、面積式、差圧式、容積式及び質量式が広く使用されている。面積式流量計は、精度が高く比較的低流量の装置に用いられる。JIS に基づく吸引流量の安定性は、定格電圧の－10%低下時にダストモニタが±10 %、サンプラは定格吸引流量の 70 %以上と記述されている。指示誤差は、流量計が±10 %、圧力計が±5 %である。

5.2.2 検出部

(1) ダストモニタ用

環境用のダストモニタは全α又は全β用検出器を使用するが、最近、α線とβ線を同時に検出するプラスチックシンチレータに ZnS(Ag) シンチレータを塗布した一体型の検出器が製作され、多く用いられている。本検出器の構造例をみると、γ線のバックグラウンドを低減するため、0.5mm 厚さのプラスチックシンチレータを使用し、シート状の ZnS(Ag) シンチレータ（密度：約 3mg／$cm^2$、β線の透過を考慮して薄い）を塗布し、その前面を厚さ約 4.5μm のマイラ膜で遮光している。α線、β線検出器の計数効率特性を図 5.1 に示す。ろ紙等の表面と検出器間の距離は、約 5 mm 前後に設定され、計数効率はα線用が 10%以上、β線が 30%以上である（メッシュ未装着）。集じん中も連続測定する構造の場合は、遮光膜の破損防止用に、SUS 製 0.5mm 厚さ、開口率 90%のメッシュを用いている。

(2)　ヨウ素モニタ用

ヨウ素モニタ用検出器は、一般に 2in. φ×2in.NaI(Tl) シンシンチレータが使用されており、この形状のγ線検出器の計数効率特性を図 5.2 に示す。計数効率は、ろ紙等の表面と検出器間の距離を約 5 cm 前後にした場合、3%（cpm／Bq）以上である。

特に、核燃料施設を対象としてα線放出核種に注目した監視用検出器としては、上記の一体型、または、ZnS(Ag) シンチレータが単独で用いられる。

## 5.3　テレメータシステム

本システムは、自動測定する測定局、測定データを収集、処理する中央監視局、それらのデータをリアルタイムに表示する表示局で構成されている。中央監視局には、データの集配信を行うテレメータ装置、測定データやその他の情報を総合管理する中央処理装置及びデータ等を記録する周辺機器が整備されている。ダストモニタ及びヨウ素モニタの収録情報として、測定情報及び監視情報の主な項目を表 5.2 及び表 5.3 示す。測定結果の異常や構成機器の異常時には、自動警報システムが作動、表示する機能を有している。現場における警報表示は、各機能毎に細かく区分した方が不具合場所の特定が容易であるが、テレメータ伝送ではある程度まとめて一括するのが実用的である。

データの集配信機構は、NTT 専用回線及び無線による方法があり、データ収録時間間隔は、平常時が 10 分、緊急時が 2 分の設定が一般に運用されている。また、データの保存は、磁気ディスク、磁気テープが利用できる。

環境モニタの連続監視装置の異常に伴う監視機能の停止を防止するため、中央監視局のデータ収集制御装置及びデータベースサーバは二重化が理想的であり、さらに、無停電化対策として、無停電装置又はディーゼル発電機が必要である。

## 5.4　モニタリングステーション内設備

ダストモニタ及びヨウ素モニタは、モニタリングステーション内に設置され、空間放射線量率のモニタリング設備と併設されている。モニタリングステーション内設備とダストモニタ及びヨウ素モニタに付属する主要な設備等について、以下に示す。

①　モニタリングステーションの局舎は、機器の搬入、保守点検の等を考慮すると、約 3m×4m 以上の広さに、2.5m 以上の高さが望ましい。

②　室内には、機器の安定運転のために、空調設備を設けることは不可欠であるが、コンクリート壁厚約 18cm の内側に断熱材を張り断熱効果を考慮した例がある。また、床に防じん塗装を行い、ケーブル等の配線に対応する配管ピットが必要である。

③　大気浮遊じんの吸引口は、壁の側面又は天井に取付け、周辺土壌の粉じんの吸入を防止するため、高さは地上 1.8m 以上が望ましい。また、吸引口は、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。

④　吸引口からモニタ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。1in.径の配管で長さが 5 m 以下の使用例における配管沈着率は、数 100 l／min の範囲内であれば 10%以下である*[1]。

⑤　ヨウ素の捕集効率の向上のため、大気試料を加温し相対湿度を下げる工夫が望ましい。吸気管にヒータを内蔵することにより、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。

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、吸気を加熱し相対湿度を下げて結露を防止する例がある。さらに、効果的対策として、配管並びに集じん部を断熱材で被覆する場合もある。また、このような結露防止対策は、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ような場合にも有効である。

⑥　建家、モニタリング機器及び配管等の設計に対して、地震対策を考慮する。停電によるモニタリングの欠測を防止する電源の確保は重要である。

## 5.5　可搬型サンプラ

平常時モニタリングを行うダスト・ヨウ素モニタ（サンプラ）は、前項に記述したようにモニタリングステーション内に、モニタリング機器の一つとして空間放射線量率連続モニタ及び気象観測設備とともに整備されている。

これに対して、原子力施設における異常事態の発生時に対応すべき緊急時モニタリング機器としては、モニタリングステーション内に整備されている平常時用固定型のダスト・ヨウ素モニタの他に、持ち運びが自由な可搬型サンプラが利用される。その他、機動性を考慮してモニタリング車に集じん用サンプラを設け、全α、全β、全γ（ヨウ素）測定装置を装備し、有効に活用することができるものもある。いずれも単独の使用ではなく、相互の特徴を活かした利用による情報収集策が採用されることになる。さらに、地域によっては海上又は航空機サーベイも行われる。

現在、市販されている可搬型サンプラの主な仕様を表 5.4 示す。

ヨウ素の捕集に適した流量 50 l／min 前後から浮遊じんの捕集に適した流量 1,000 l／min を超える大容量のものがある。流量 50 l／min 前後の機種には、ダスト用ろ紙はもちろん数種類の活性炭ろ紙等の装着用ホルダが用意されており、想定される事故事象に対応した準備をしておく必要がある。

所有すべき台数は、対象モニタリング範囲とモニタリング体制を考慮して、最低限複数台、および、ヨウ素とダスト捕集用として流量の異なる機種を用意することが必要である。

---

*[1]　松井　浩、吉田芳和；“排気系におけるエアロゾル・サンプリング条件”，日本原子力学会誌，15，165　(1973)

表 5.1 (1)　ダスト・ヨウ素モニタの主な仕様

| 項目／分類 | | A社 | B社 | C社 | 備 考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 検出器 | α線 | ZnS(Ag)シンチレータ | ― | ― | ダスト用 |
| | β線 | プラスチックシンチレータ | 同左 | ― | |
| | α・β線 | ZnS(Ag) シンチレータ<br>＋プラスチックシンチレータ | 同左 | 同左 | |
| | γ線 | NaI(Tl)シンチレータ<br>2in. φ×2in. | 同左 | 同左 | ヨウ素用 |
| 計数効率 | α線 | 15%以上<br>距離約 4～5mm、線源$U_3O_8$ | 10%以上<br>距離約 4mm、線源$U_3O_8$ | ― | ダスト用 |
| | | ― | 15%以上<br>距離約 4mm、線源$^{241}Am$ | 15%以上<br>距離約 6mm、線源$^{241}Am$ | |
| | β線 | 30%以上<br>距離約 4～5mm、線源$U_3O_8$ | 30%以上<br>距離約 4mm、線源$U_3O_8$ | 30%以上<br>距離約 6mm、線源$^{90}Sr$ | |
| | γ線 | 3%以上<br>距離約 5～6mm、$^{131}I$模擬線源 | 3%以上<br>距離約 3～4mm、$^{131}I$模擬線源 | 3%<br>距離約 6mm、360keV±10% | ヨウ素用 |
| 捕集部の気密対策 | ダスト | ステップ送り式：集塵気密・配管部<br>連続送り式：集塵ボックス・配管部<br>規格　各吸引流量の 5%以下 | ステップ送り式：集塵気密部<br>連続送り式：集塵ボックス部<br>各 40$cm^3$／sec以下 | ろ紙の押さえ付け | |
| | ヨウ素 | ― | ― | 0 リングによる気密確保 | |
| 結露防止対策 | | 加温管により吸気を加熱<br>断熱材で配管等を被覆 | ヒータによる 40～45℃加熱<br>相対湿度 95%以下 | 結露防止加温管<br>ヒータ 200W | |
| ヨウ素捕集効率の向上対策 | | 加温管により吸気を加熱 | TEDA10%添着 CHC－50 使用、<br>面速度 20 cm／ｓ、相対湿度 95%<br>で捕集効率 99.9%以上 | ― | |

表 5.1(2)　ダスト・ヨウ素モニタの主な仕様

| 項目／分類 | A社 | B社 | C社 | 備 考 |
|---|---|---|---|---|
| ポンプ | オリオン製　ロータリーベーン式<br>KRX１　50～60 l/min<br><br>GAST 製　ダイアフラム式 | オリオン製　ロータリーベーン式<br>KRX１　50～60 l/min<br>KRX３　80～100 l/min<br>KRX５　100～150 l/min<br>KRX６　200～250 l/min<br>テクノ高槻製　ダイアフラム式<br>SPP150GJH　100 l/min<br>SPP200GJH　200 l/min<br>日東工機製リニア駆動ピストン式<br>VPO925　50 l/min | オリオン製<br>KRX-6-SS　685 l/min | 機種の選定は流量による。 |
| 流量計 | オーバル製質量流量計<br><br>日本特殊計器製テーパー管流量計 | 東京計器製質量流量計<br>TF シリーズ<br>テーパー管流量計<br>M、R、P シリーズ | 大倉電気製　(質量流量計式)<br>ダスト：200 (0～400 l/min)<br>ヨウ素： 50 (0～100 l/min) | 機種の選定は流量による。 |
| 圧力計 | サンクス製　DP2 型 | 長野計器製　ブルドン管式<br>B、JM　シリーズ　－0.1～0MPa<br>CKD 製　デジタル式<br>PPD シリーズ　－100～0kPa<br>SMC 製　デジタル式<br>ZSE シリーズ　－100～0kPa | 長野計器製 | － |

表 5.2　ダストモニタのテレメータ入出力項目

| 区　分 | 信号内容 | 項　目 | 出力方法 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 測定情報 | 計測部 | α計数値 | パルス | 検出器からの信号 |
| | | | 計数デジタル | テレメータ収集時間毎の $s^{-1}$ 又は $min^{-1}$ |
| | | | 濃度デジタル | テレメータ収集時間毎の $Bq/cm^{-3}$ 又は $Bq/m^{-3}$、計測部に定数設定必要 |
| | | β計数値 | パルス | 検出器からの信号 |
| | | | 計数デジタル | テレメータ収集時間毎の $s^{-1}$ 又は $min^{-1}$ |
| | | | 濃度デジタル | テレメータ収集時間毎の $Bq/cm^{-3}$ 又は $Bq/m^{-3}$、計測部に定数設定必要 |
| | サンプラ部 | 流量 | パルス | 1パルス／L(又は0.5L) |
| | | | 流量デジタル | テレメータ収集時間毎のL |
| 監視情報 | 計測部 | 調整中 | 無電圧接点 | |
| | | 検出部異常 | 〃 | 高圧電源異常 |
| | | 測定部異常 | 〃 | 低圧電源異常 |
| | | α／β計数率高 | 〃 | |
| | | α／β計数率低 | 〃 | スケールダウンの表現 |
| | サンプラ部 | 集じん中 | 〃 | |
| | | ろ紙送り中 | 〃 | |
| | | 流量異常 | 〃 | |
| | | 圧力異常 | 〃 | |
| | | ろ紙送り異常 | 〃 | |
| | | ろ紙断 | 〃 | |
| | | 集じん部異常 | 〃 | 間欠送り方式の場合 |
| | | 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 |
| 制御情報 | 計測部 | 調整中リセット | 〃 | |
| | サンプラ部 | ろ紙送り | 〃 | テレメータ操作の場合 |

表 5.3　ヨウ素モニタのテレメータ入出力項目

| 区　分 | 信号内容 | 項　目 | 出力方法*1 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 測定情報 | 計測部 | ヨウ素計数値 | パルス | 検出器からの信号 |
| | | | 計数デジタル | テレメータ収集時間毎の $s^{-1}$ 又は $min^{-1}$ |
| | | | 濃度デジタル | テレメータ収集時間毎の Bq／$cm^{-3}$ 又は Bq／$m^{-3}$、計測部に定数設定必要 |
| | サンプラ部 | 流量 | パルス | 1 パルス／L(又は 0.5L) |
| | | | 流量デジタル | テレメータ収集時間毎の L |
| 監視情報 | 計測部 | 調整中 | 無電圧接点 | |
| | | 検出部異常 | 〃 | 高圧電源異常 |
| | | 測定部異常 | 〃 | 低圧電源異常 |
| | | ヨウ素計数率高 | 〃 | |
| | | ヨウ素計数率低 | 〃 | スケールダウンの表現 |
| | サンプラ部 | 捕集中 | 〃 | |
| | | ろ紙交換中 | 〃 | 多サンプル測定方式の場合 |
| | | 流量異常 | 〃 | |
| | | 圧力異常 | 〃 | |
| | | ろ紙交換異常 | 〃 | 多サンプル測定方式の場合 |
| | | 捕集停止 | 〃 | |
| | | ポンプ過負荷 | 〃 | |
| | | 加温部異常 | 〃 | 温度高、温度ヒューズ断 |
| 制御情報 | 計測部 | 調整中リセット | 〃 | |
| | サンプラ部 | 捕集開始 | 〃 | テレメータ操作の場合 |
| | | 捕集停止 | 〃 | テレメータ操作の場合 |
| | | ろ紙交換 | 〃 | 多サンプル測定方式の場合 |

*1　パルス：$P_H$＝＋5V、$P_W$＝1 μsec、Zout＝75Ω
デジタル：RS－232C 等
無電圧接点：リレー接点

表 5.4(1)　　可搬型サンプラの主な仕様

| | A社 | | | | B社 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SP－30 | L－30 | L－60 | L－100 | HVC－500N | HVC－1000 |
| 流量<br>(l／min) | 30 | 30 | 60 | 100 | 650<br>(650～1000) | 1000<br>(650～1000) |
| ろ紙の種類<br>大きさ | HE－40T　60mmφ<br>(CP-20　CHC-50 装着可) | | | | GB－100R<br>110φ | GB－100R<br>8in.×10in. |
| 形状寸法<br>W×D×H (mm) | 160×260×235 | 156×270×224 | 156×270×224 | 165×355×240 | 530×160×230 | 600×600×1690 |
| ポンプ | リニアモータ駆動 | 交流式ロータリーベーン型 | | | 整流子直結ダブルブロア | |
| 重量(kg) | 5.8 | 9.4 | 9.8 | 12.2 | 9.5 | 36 |
| 電　源 | AC100V<br>1.5A | AC100V<br>1.2A | AC100V<br>1.5A | AC100V<br>1.8A | AC100V | AC100V |
| 機　能 | 流量調整バルブ付<br>タイマ：<br>99 分又は 99 時間 | 流量計、積算タイマ、過負荷防止装置付 | | | 表示<br>(流量、積算流量、開始終了時間)<br>停電自動復帰 | |
| その他 | 各種ろ紙ホルダーを取付け、活性炭ろ紙の装着可能 | | | | 定流量制御可能 | 定流量制御可能<br>設置型 |

表 5.4(2)　可搬型サンプラの主な仕様

| | C社 | | D社 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DSM－55 | DSM－361 | LV－1 | LV－2 | TFIA | TFIA－2 | TFIA－4 |
| 流量<br>(l／min) | 25 以上 | 40 以上<br>50 以上 | 30 | | 500～1500 | | |
| ろ紙の種類<br>大きさ | HE－40T　60mmφ<br>(CP-20　CHC-50 装着可) | HE－40T　60mmφ<br>(CP-20　CHC-50 装着可) | グラスファイバー<br>1-1/8 in.　φ<br>47mmφ | | セルローズ、<br>グラスファイバー<br>4 in.φ、8 in.×10in. | | |
| 形状寸法<br>W×D×H (mm) | 190×340×240 | 260×260×1,000 | 180×100×110 | | 210×180×180 | | |
| ポンプ | ロータリーベーン型 | リニア駆動式 | － | | タービン型ブロア | | |
| 重量(kg) | 7 | 15 | 3 | | 4.5 | | |
| 電　源 | AC100V　100VA<br>(DC13.2V) | AC100V<br>300VA | AC110V<br>165W | AC220V | AC110V<br>350W | AC220V | DC24V |
| 機　能 | 質量流量計、<br>タイマ(9.999min)、<br>過電流保護 | 積算流量計、タイマ(999h)、<br>カレンダー自動運転停止<br>低流量、圧力高自動停止、<br>過電流保護 | － | | 流量目盛：0.5～2.0 $m^3$／min | | |
| その他 | 流量(50 l／min)、<br>積算流量(99.9$m^3$)、圧力表示 | 連続 10,000h 運転可能<br>流量、積算流量、圧力 | － | | 連続 10,000h 運転可能 | | |

表 5.4(3)　可搬型サンプラの主な仕様

| | E社 | F社 | | G社 |
|---|---|---|---|---|
| | TH－D5101 | NAD1Z | NAV42 | HVC－1000 |
| 流量<br>(l／min) | 700 | 50 | 100 | 1,000<br>(650～1,000) |
| ろ紙の種類<br>大きさ | HE－40T | HE－40T　60mmφ<br>(CP-20　CHC-50<br>装着可) | HE－40T　60mmφ<br>(CP-20　CHC-50<br>装着可) | GB－100R<br>8in.×10in. |
| 形状寸法<br>W×D×H (mm) | 166φ×200L | 480×340×405 | 480×340×405 | 600×600×1690 |
| ポンプ | － | リニア駆動 | ダイヤフラム | 直結整流子モータ |
| 重量(kg) | 4 | 30 | 20 | 36 |
| 電　源 | AC100V<br>7A | AC100V<br>400VA | AC100V<br>1,000VA | AC100V |
| 機　能 | サーモスタット付 | 質量流量計、タイマ、積算流量計 | 質量流量計、タイマ、積算流量計 | 流量調整、積算流量計、タイマ |
| その他 | 連続運転：24h 以上<br>把手・脚付 | － | － | 定流量制御可能<br>設置型 |

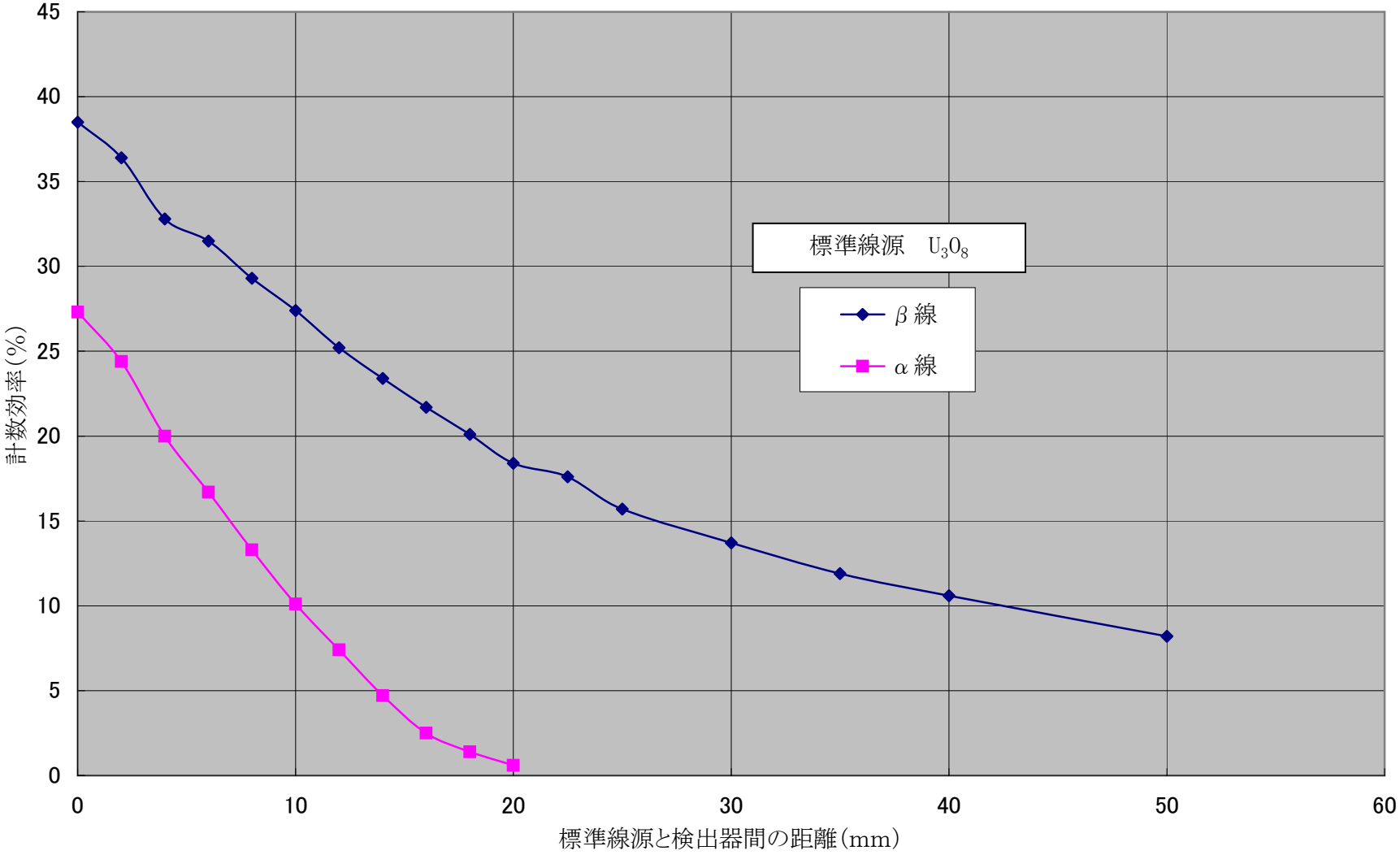



図5.1　α線及びβ線検出器の計数効率

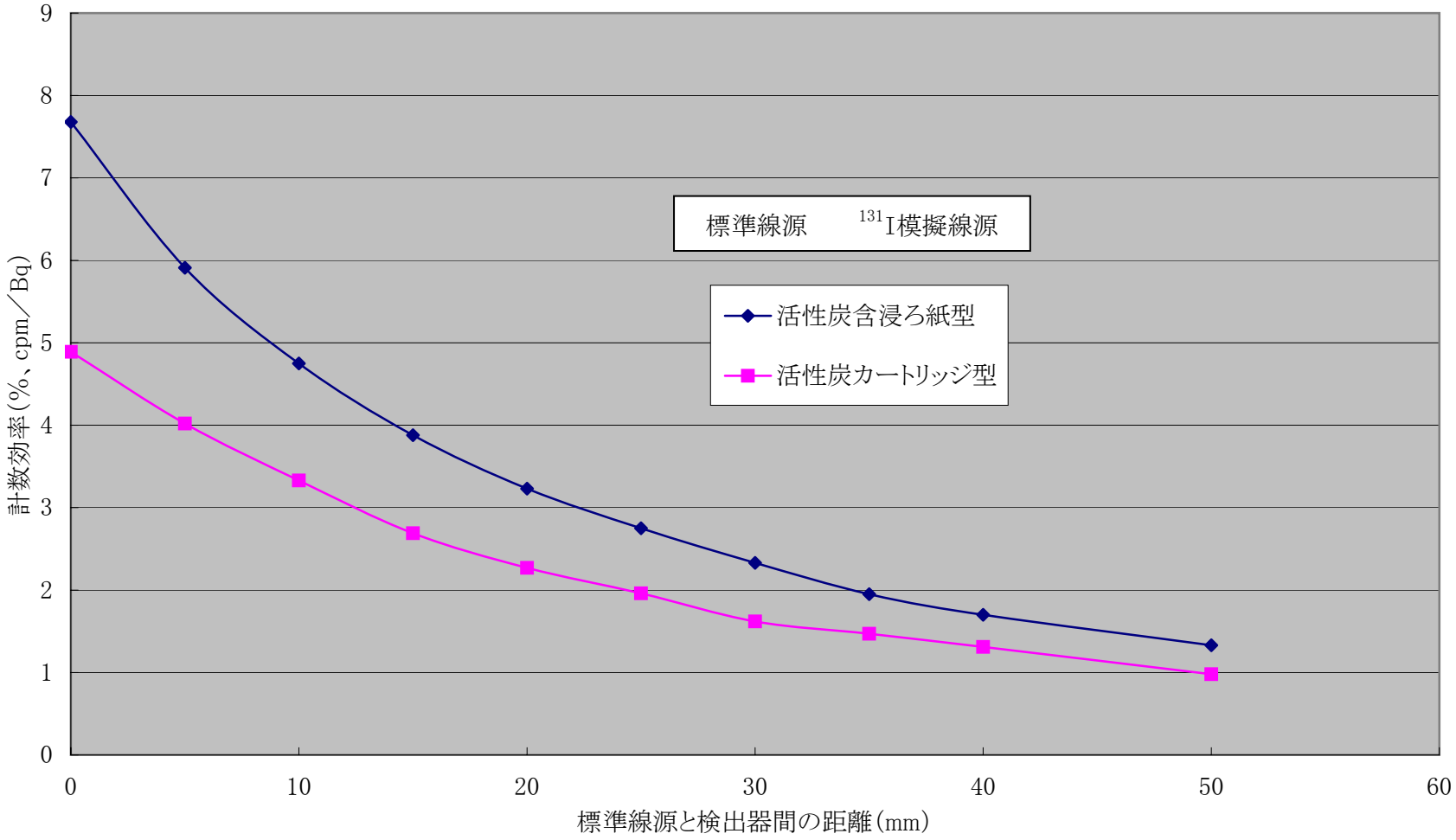



図5.2　γ線検出器の計数効率

# 第 6 章　　捕集材の特性

大気中試料の採取は、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、採取試料の物理的化学的な性状及び計測法等を考慮して、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法等の関係を、粒子状及び揮発性物質に区分して下表に示す。

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

環境試料の採取においては、その放射性物質の種類と物理的化学的性状、さらに、採取試料の計測法を考慮して適切な捕集材を選択する必要がある。

大気中の浮遊じんは粒子状物質であり、ろ過捕集法を用いて、一般にはセルローズ・ガラス繊維製の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。

揮発性ヨウ素の採取においては、原子力施設等における異常放出の情報を入手後、固体捕集法によるサンプリング法又はモニタリング法が用いられる。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ある。大気中のヨウ素の性状を把握することは難しいが、付録 3 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 添着捕集材の使用は必要である。流量の目安は、平常時及び緊急時ともに 50 l／min である。

試料を採取する場合には、目標とした環境中の対象核種の濃度が代表できる適切な場所、採取法を選択する必要がある。ここに、浮遊じん及びヨウ素の捕集材の特性等について示す。

## 6.1　浮遊じん捕集材の特性

### 6.1.1　浮遊じん捕集用ろ紙

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

(1)　浮遊じん捕集用ろ紙としては、セルローズ・ガラス繊維製の HE－40T ろ紙が原子力施設等で広く使用されている*1。捕集効率は、粒子径 0.09～0.80μm、面速度 55～135

cm／s の範囲内において 99.6%である。面速度 210 cm／s で連続サンプリングが可能な機械的強度も十分である。この HE－40T ろ紙のメーカー（東洋濾紙（株））カタログ値は、捕集効率が面速度 57～141 cm／s の範囲内において 99.5%以上、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が市販されている。

(2)　しかし、HE－40T ろ紙は、粒子径 0.1μm 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、0.1μm 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。

(3)　また、HE－40T ろ紙をベースとして、圧力損失は 20%大きいが、サブミクロン領域での捕集効率を改善した HE－40TA ろ紙が開発されている*3。

表 6.1 に HE－40T 及び HE－40TA の特性を示す。

表 6.1　HE－40T 及び HE－40TA ろ紙の特性

| 項　　目 | | HE－40T | HE－40TA |
|---|---|---|---|
| 重量（g／m²） | | 145 | 120 |
| 紙厚（m／m） | | 0.41 | 0.40 |
| 透気度（sec／cmφ） | | 12 | 19 |
| 引張強度（kg／15mm 幅） | | 4.5 | 3.0 |
| 繊維組成（%） | セルローズ：ガラス | 80：20 | 70：30 |
| 繊維径（μm） | セルローズ／ガラス | 20～25／0.8 | 20～25／0.6 |
| 最小捕集効率（%） | DOP　0.07μm<br>面速度 20～130 cm／s | 43～57 | 87～92 |
| | NaCl　0.075μm<br>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；“放射性じん挨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；“集塵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ズ・アスベスト繊維濾紙の特性”，保健物理，30，309　(1995)

(4)　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HE－40Tろ紙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、ろ材の中に粒子がめり込んで計数できない等の課題があり、補正を考慮する必要がある。

6.1.2　α粒子捕集用ろ紙

α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。付録2に紹介した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6.2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、例えば、Toyo J100A、MilliporeFSLW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。

6.2　ヨウ素捕集材の特性

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。

6.2.1　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（$I_2$等）及び有機ヨウ素（$CH_3I$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など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。また、放射性ヨウ素の性状に関する実験及び検討が行われており、付録3に要約した。

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、および、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特性について、メーカー（アドバンテック東洋（株））カタログ値を表6.3に示す。

---

*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)

6.2.2　活性炭素繊維ろ紙

(1)　種々の活性炭素繊維に対する $CH_3I$ 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、$CH_3I$ 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、下表のとおりである。調査条件は、ヨウ素の化学形：$CH_3I$、流量 50 l／min である。

圧力損失は、流量 50 l／min で 14 $mmH_2O$ 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。

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

(2)　最近行われたメーカー（東洋紡績（株））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 6.4 に示す。試験条件は、JIS に準じた方法で、ヨウ素の化学形は $CH_3I$、流量 50 l／min（面速度 42.5 cm／s）、温度 20 ℃、相対湿度が 80 %及び 35 %である。

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下表に示す。

| 捕集時間 (h) | 相対湿度 (%) | 温度 (℃) | 捕集効率（%） | |
|---|---|---|---|---|
| | | | C360TA(ニット) | K260TA(ヘルト) |
| 24 | 25～90 | 13～25 | 85 | 94 |
| 168 | | | 85 | 94 |

6.2.3　注意事項

(1)　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 個毎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。

---

*6　加藤正平　他；“活性炭素繊維を用いた空気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）

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。

(2) 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。

表 6.2　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 |
|---|---|---|
| ガラスーセルローズ繊維 | | |
| Toyo HE－40T　(Glass 20%, Cellulose 80%) | 45±0.9 | 0.17 |
| Toyo HE－40TA　(Glass 30%, Cellulose 70%) | 56 | 0.20 |
| ガラス繊維 | | |
| Toyo GB100R | 65±1.5 | 0.26 |
| Pall－Gelman T60A20 | 56±0.3 | 0.11 |
| Whatman GF／F | 94 | 1.4 |
| シリカ繊維 | | |
| Toyo QR100 | 76±1.6 | 0.48 |
| メンブレン(セルローズ混合エステル) | | |
| Millipore AA　(0.8μm pore size) | 94±0.7 | 1 |
| Toyo A080A　(0.8μm pore size) | 95 | 1.2 |
| Toyo A100A　(1.0μm pore size) | 90 | 0.76 |
| Millipore SMWP　(5.0μm pore size) | 79 | 0.42 |
| メンブレン(PTFE 型) | | |
| Toyo T080A　(0.8μm pore size) | 97±1.9 | 2.1 |
| Toyo T100A　(1.0μm pore size) | 98 | 1.5 |
| Toyo T300A　(3.0μm pore size) | 87 | 0.5 |
| メンブレン(裏側を補強をした PTFE 型) | | |
| Toyo J100A　(1.0μm pore size) | 99 | 0.63 |
| Millipore FSLW　(3.0μm pore size) | 99 | 0.31 |
| Sumitomo LWP－300－75 (3.0μm pore size) | 95 | 0.28 |
| プレフィルタ | | |
| Toyo Y080A | 98 | 1.8 |
| Toyo Y020A | 82 | 0.83 |
| Toyo Y100A | 69 | 0.27 |
| Millipore AW19 | 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)

表 6.3　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<br>CP－20 | 活性炭カートリッジ<br>CHC－50 |
|---|---|---|
| 形　状 | 60mmφ×2.0mm | 60mmφ×20mm |
| 重量（g／$cm^2$） | 700 | － |
| 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：$CH_3I$、温度 25℃、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　$CH_3I$、温度 25℃、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 0.4m／s のときの値

表 6.4　活性炭素繊維ろ紙の特性

| 品　番 | ニットタイプ | フェルトタイプ |
|---|---|---|
| | C360TA | K260TA |
| 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 |
| $CH_3I$ 捕集効率（%）＊1 | 65 | 99 |
| $CH_3I$ 捕集効率（%）＊2 | 93 | 99 |
| 圧力損失（Pa） | ≦40 | ≦200 |

＊1　面速度 42.5cm／s、温度 20℃、湿度 80%

＊2　面速度 42.5cm／s、温度 20℃、湿度 35%

# 第 7 章　　サーベイメータの特性

緊急時において迅速な結果を得るため、ウラン、プルトニウムを含む大気浮遊じん及び放射性ヨウ素を対象として試料採取した捕集材を、サーベイメータを用いて測定する簡易測定法がある。一般に、β(γ)線放出核種に対する全β又は全γ測定は、GM 計数管式サーベイメータ又は NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ、ウラン、プルトニウムに対する全α測定は、ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ、放射性ヨウ素に対する全γ測定は、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを使用する。

## 7.1　ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ

ウラン、プルトニウムの簡易測定用

(1)　ウラン又はプルトニウムを捕集したろ紙の全αは、ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータを用いて測定する。ウラン又はプルトニウム測定用の ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータの特性をガスフロー比例計数管と合わせて表 7.1 に示す。検出下限放射能は、ウラン又はプルトニウムに対して約 1Bq である。

(2)　ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータを用いる一般的な測定法は、計数率方式による測定であるが、この ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータではスケーラ方式による測定も可能である。

ここに両方式を比較すると、計数率方式による時定数は 3、10、30 秒、スケーラ方式によるプリセットタイムは 0.1、1、10 分で、スイッチにより切り換えて選択する。時定数とプリセットタイムの設定条件によるが、スケーラ方式に基づく測定時の検出下限値は、計数率方式時の約 1／3 であり、より低い検出下限値を得る測定が可能である。

## 7.2　NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ

放射性ヨウ素の簡易測定用

(1)　放射性ヨウ素の簡易測定に用いるNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータの機種は、比較的多く市販されている。一般に、空間線量率測定用であり、エネルギー特性を改善のためエネルギー補償型が多い。標準線源として、活性炭含浸ろ紙及び活性炭カートリッジ型の$^{131}$I模擬線源を用いた、代表機種の特性試験結果を表 7.2(1)、(2)に示す。その結果、機種により多少の差が認められるが、バックラウンド、放射能換算係数及び検出下限値をまとめると表 7.3 のとおりである。

検出下限値は、活性炭含浸ろ紙型の方が約 1／2 低い。

(2)　エネルギー補償型機種の放射能換算係数は、補償なしの機種に対して約 1.5 倍であった。最近、製造された TCS－172 は、エネルギー補償なしの計数率型の方がエネルギー補償の線量率型の約 1／500 低い検出下限値を得ることができる。

表 7.1　α線サーベイメータの特性

| 検　出　器 | | 窓面積 ($cm^2$) | 窓　厚 ($mg/cm^2$) | BG | 時定数 (s) | 機器効率 | | 検出下限値*1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $U_3O_8$ | Am－241 | 計数率 | 放射能　(Bq) | |
| | | | | | | | | | U | Pu (Am) |
| TCS－222 | ZnS(Ag) シンチレータ | 71.5 | 0.25 | 2.0 $min^{-1}$ | 10 | 0.35 | 0.39 | 7 $min^{-1}$ | 1.4 | 1.2 |
| LB－122 | ガスフロー 比例計数管 | 210 | 0.9 | 0.02 $s^{-1}$ | 10 | 0.30 | 0.32 | 0.1 $s^{-1}$ | 1.3 | 1.3 |
| FHT－111 | | 154 | 0.9 | 0.05 $s^{-1}$ | 40 | 0.39 | 0.53 | 0.1 $s^{-1}$ | 1.0 | 0.75 |

*1　線源効率：0.25、　標準偏差：2σとして計算

出典：(財) 放射線計測協会；放射線計測機器の規格化に関する対策研究成果報告書　(平成 11 年度)

表 7.2(1)　NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータの特性

A：活性炭含浸ろ紙（CP－20）型*1

| 型　　式 | TCS－151 | | TCS－161 | TCS－166 | TCS－171 | TCS－172 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| エネルギー補償 | なし | なし | DBM | DBM | DBM | なし | DBM |
| ディスクリレベル（keV） | 100keV | 50keV | 50keV | 50keV | 50keV | 50keV | |
| 時定数（sec） | レンジに連動<br>（0.8μSv／h で約８秒） | | 30 | | | | |
| 読み取り間隔（sec） | 120 | | | | | | |
| 表示単位 | μSv／h | μSv／h | μSv／h | μGy／h | μSv／h | $s^{-1}$ | μSv／h |
| $^{131}$I 模擬線源放射能（Bq）＊2 | $3.7\times10^{4}$ | | | | | | |
| BG | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 24.3 | 0.06 |
| 線源指示値 | 5.7 | 5.8 | 4.5 | 3.3 | 3.9 | 1,780 | 4.0 |
| 正味の指示値 | 5.6 | 5.8 | 4.4 | 3.2 | 3.8 | 1,760 | 4.0 |
| 放射能換算係数（Bq／指示値） | $6.5\times10^{3}$ | $6.4\times10^{3}$ | $8.3\times10^{3}$ | $1.1\times10^{4}$ | $9.6\times10^{3}$ | $2.1\times10^{1}$ | $9.2\times10^{3}$ |

＊1　測定は、プローブ軸に対し直角、表面に密着

＊2　放射能；$4.76\times10^{4}$ Bq（1998.9.18）、実効半減期；11.3 y

表 7.2(2)　NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータの特性

B：活性炭カートリッジ（CHC－50）型[*1]

| 型　　式 | TCS－151 | | TCS－161 | TCS－166 | TCS－171 | TCS－172 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| エネルギー補償 | なし | なし | DBM | DBM | DBM | なし | DBM |
| ディスクリレベル（keV） | 100keV | 50keV | 50keV | 50keV | 50keV | 50keV | |
| 時定数（sec） | レンジに連動<br>（0.8μSv／h で約８秒） | | 30 | | | | |
| 読み取り間隔（sec） | 120 | | | | | | |
| 表示単位 | μSv／h | μSv／h | μSv／h | μGy／h | μSv／h | $s^{-1}$ | μSv／h |
| $^{131}$I 模擬線源放射能（Bq）＊2 | $3.1\times10^{4}$ | | | | | | |
| BG | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 26.7 | 0.07 |
| 線源指示値 | 3.1 | 3.1 | 2.6 | 1.7 | 1.5 | 915 | 2.0 |
| 正味の指示値 | 3.1 | 3.1 | 2.6 | 1.6 | 1.4 | 890 | 2.0 |
| 放射能換算係数（Bq／指示値） | $1.0\times10^{4}$ | $1.0\times10^{4}$ | $1.2\times10^{4}$ | $1.9\times10^{4}$ | $2.2\times10^{4}$ | $3.5\times10^{1}$ | $1.6\times10^{4}$ |

＊1　測定は、プローブ軸に対し直角、表面に密着

＊2　放射能；$4.05\times10^{4}$ Bq（1998.9.18）、実効半減期；11.3 y

表 7.3　NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータの検出下限値*1

| 線源の形状 | 項　目 | 線量率型*2 | 計数率型 |
|---|---|---|---|
| 活性炭含浸ろ紙型 | BG | 0.04～0.06<br>（μSv／h）or（μGy／h） | 24±0.7（$s^{-1}$） |
| | 放射能換算係数 | $8.3\times10^{3}$～$1.1\times10^{4}$<br>（Bq／μSv・$h^{-1}$）or（Bq／μGy・$h^{-1}$） | 2.1×10（Bq／s） |
| | 検出下限値（Bq） | 660～1,300 | 44 |
| 活性炭<br>カートリッジ型 | BG | 0.05～0.07<br>（μSv／h）or（μGy／h） | 27±0.7（$s^{-1}$） |
| | 放射能換算係数 | $1.2\times10^{4}$～$2.2\times10^{4}$<br>（Bq／μSv・$h^{-1}$）or（Bq／μGy・$h^{-1}$） | 3.5×10（Bq／s） |
| | 検出下限値（Bq） | 1,200～3,100 | 74 |

*1　下限線量率及び計数率は、線量率がBGの２倍、計数率は３σとした。

*2　エネルギー補償型サーベイメータのみを対象とした。

# 第 8 章　　点検・校正

環境モニタリングにおいて使用するダストモニタ、ヨウ素モニタ等及びサーベイメータについては、その特性を理解し、正しい操作法を熟知しておくとともに、機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。

## 8.1　ダストモニタ、ヨウ素モニタの点検

放射性ダスト（ヨウ素）サンプラ等に関する日本工業規格（JIS）[(1),(2),(3)]が整備され、環境モニタリング用ダストモニタ、ヨウ素モニタは、これらのJISを準用して製作されており、適切な維持、管理のために、点検、校正は専門機関に依頼することになる。

次に、専門機関が行う主な点検及び校正の主な項目を示す。

### 8.1.1　外観検査

- 検出部
- 計測部
- ケーブル、コネクタ類
- サンプラ部

### 8.1.2　単体動作、性能検査

(1)　ダスト測定装置

- 動作確認
- 計数率指示精度
- 流量指示精度
- 外部出力信号確認
- スケーラ動作の確認
- 警報動作確認

(2)　ヨウ素測定装置

上記(1)のダスト測定装置に次の項目が追加される。

- SCA 設定レベルの確認（324 keV 、396 keV）

(3)　測定部本体（ダストモニタ、ヨウ素モニタ）

- OUTPUT 接点出力
- 絶縁抵抗

(4)　サンプラ（ダストモニタ、ヨウ素モニタ）

- ろ紙送り動作の確認
- 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）
- 加温制御の確認

(5)　ポンプ

・ 外観検査

・ 動作確認（発熱、異音、振動、異臭等）

・ 摩耗品の定期的交換

(6)　結露防止ユニット

・ 加温制御の確認

(7)　記録計

・ 指示精度

## 8.2　ダストモニタ、ヨウ素モニタの校正

### 8.2.1　ダストモニタ

(1)　計数効率

α、β線用検出器を有するモニタの校正用線源として、$^{38}$Cl、$^{90}$Sr、$^{241}$Amが代表的である。JISでは、α線、β線ともに3%以上の計数効率が要求されている。

(2)　検出下限値

バックグラウンド計数率から検出下限値（放射能及び濃度）を求める。JISに基づく下限値は、ラドン・トロン崩壊生成物によるバックグラウンドは考慮せず、流量100 l／minでT時間捕集の場合、α線に対して（$3.7\times10^{-7}$）／T Bq／cm$^3$、β線、γ線に対しては（$3.7\times10^{-6}$）／T Bq／cm$^3$以下である。バックグラウンド計数率は、9.3節に記述するように、ラドン・トロン崩壊生成物の影響を受け、地域的、時間的に変動があるため、その状況や変動幅等を十分に把握して、措置する必要がある。

### 8.2.2　ヨウ素モニタ

(1)　エネルギー校正

ヨウ素モニタは、対象核種の$^{131}$I のエネルギー364keVに着目して、測定エネルギー幅を±10%設定してモニタする。この確認を$^{131}$I模擬線源、$^{137}$Cs等を用いて行う。

(2)　標準線源

対象核種の$^{131}$I は、短半減期核種であるため、$^{131}$I模擬線源を用いて行うのが一般的である。本線源には、円形型及びカートリッジ型があり、有効期限は6年である。

## 8.3　モニタリング車搭載モニタの点検・校正

モニタリングステーション内に設置されたダスト、ヨウ素モニタ（サンプラ）に対し、緊急時において、原子力施設等周辺環境の大気中放射性物質を広範囲に機能的に監視を行うことができるものとして、車両にダスト（ヨウ素）サンプラと、捕集したろ紙を計測するγ線又はβ線測定装置を搭載したモニタリング車がある。

これら設備の点検・校正について、基本的には前項に記した内容と同じであり、主な項目を示す。

8.3.1　外観検査

・ 検出部
・ 計測部
・ ケーブル、コネクタ類
・ サンプラ部

8.3.2　単体動作、総合性能（校正）検査

(1)　スケーラ

・ 動作確認
・ 出力電圧確認

(2)　サンプラ

・ 制御動作の確認
・ 警報動作の確認
・ 最大流量確認

(3)　総合性能

・ 機器効率試験（ダスト）
・ 検出効率試験（ヨウ素）
・ 濃度表示機能の確認

8.4　サーベイメータの点検

サーベイメータの点検は、緊急時に使用する際に所定の機能を十分に確保するために、定期的に行うことが必要である。

サーベイメータは、検出部、電気回路部、電源部等から構成されており、これらを使用前に直接点検することは煩雑であり、また、一般ユーザーが各部の詳細な点検を実施するには専門的知識が要求される。専門の点検機関が行う主な点検項目を以下に示す。

8.4.1　詳細な点検法

(1)　線量率測定用サーベイメータ

・ 外観検査
・ ケーブル・コネクタ点検
・ メータ・スィッチ点検
・ 電池点検
・ 回路電圧点検
・ 測定回路点検（波高分析回路、ディスクリレベル、増幅回路、計数回路、音声回路）
・ 高圧回路点検（出力高圧、高圧メータ指示）
・ パルス校正
・ 検出器点検（シンチレータ、光電子増倍管、ブリーダ回路）

(2)　表面汚染測定用サーベイメータ

・ 外観検査
・ ケーブル・コネクタ点検

・ メータ・スィッチ点検
・ 電池点検
・ 回路電圧点検
・ 測定回路点検（入力感度、増幅回路、計数回路、音声回路）
・ 高圧回路点検（出力高圧、高圧メータ指示）
・ パルス校正
・ 検出器点検（GMプラトー特性）

8.4.2 日常の保守点検法

ユーザーが簡便に行うことができる健全性チェック項目と要点を以下に示す。

イ 保守点検は、使用頻度に関係なく原則として月に１回程度の割合で行う。

ロ 外観等の点検

・ 本体のメータ、スイッチ類及び検出器に損傷、変形がないことを確認する。
・ ケーブル、コネクタについて、断線、接触不良等のないことを確認する。
・ メータ、スイッチ等を作動し、断線、接触不良等のないことを確認する。

ハ サーベイメータを使用状態において、電池電圧、印加電圧が正常であることを確認する。電池電圧は、目盛りの針が指定の範囲外の時は電池を交換する。印加電圧は、目盛りの針が指定の範囲外の時は故障のおそれがあり、点検・修理の手続きをとる。

ニ バックグラウンドを測定する。測定は、バックグラウンドレベルの安定した同一場において行い、この測定値と納品時又は前回の点検時の測定値と比較する。大きな変化がなければ、健全性が保たれている目安になる。

ホ チェック用線源（規制対象外）がある場合は、同じ条件で測定し、最新の点検時の測定値と比較して大きな変動のないことを確認する。

ヘ 保守点検結果には、次の項目等を記録する。

・ サーベイメータの名称、形式、製造番号
・ 点検の場所、日時、実施者の氏名
・ 点検項目とその結果、処置、備考

## 8.5 サーベイメータの校正

線量率測定用サーベイメータの校正については、JIS Z 4333「X線及びγ線用線量当量率サーベイメータ」、JIS Z 4511「照射線量測定器及び線量当量測定器の校正方法」、JIS Z 4329「放射性表面汚染サーベイメータ」及びJIS Z 4504「放射性表面汚染の測定方法」に準拠して行うことになるが、この校正法を適用する場合には、専門的な施設、設備、準測定器等が必要であるため、一般ユーザーが直接行うことは難しい。

以下に、両サーベイメータについて、専門の校正機関へ校正を依頼する方法について示す。

### 8.5.1 線量率測定用サーベイメータ

(1) 校正専門機関に依頼するルート

メーカー等でサーベイメータ機能が十分に確保されていることを点検により確認

する。校正専門機関に依頼するルート、および、その方法例を以下に示す。

イ　ユーザーからメーカー及び校正専門機関等へ定期点検と校正の依頼を行う。

ロ　メーカー等で点検調整を行う。故障時の場合は、修理する。

ハ　メーカー等から校正専門機関へ校正を依頼する。

ニ　メーカーよりユーザーへ定期点検（試験）報告書を提出する。

(2)　校正項目等

イ　校正頻度

校正は、使用頻度に関係なく、年１回は行うことを原則とし、前項に示した点検を実施した後に行う。

ロ　校正線源

・ $^{137}$Cs又は$^{60}$Co

ハ　校正方法

・ 置換法、線源法、逆２乗推定法

ニ　校正記録

・ 機器の名称　・種類、型式　・機器番号　・校正実施者及び責任者の氏 名

・ 使用線源の種類　・校正年月日　・校正場所、周囲温度、相対湿度、気 圧

・ 校正線源に対する線量率指示値、校正定数

ホ　検収

・ 指示誤差試験

JIS Z 4333（X線及びγ線用線量当量率サーベイメータ）に示されている指示誤差範囲内であることを確認する。

・ 確認

点検項目及び校正結果（校正定数）について確認する。

8.5.2　表面汚染測定用サーベイメータ

メーカー等でサーベイメータを点検調整し、正常な状態を確認の上、校正専門機関へ校正を依頼する。これらのルート、点検項目及び方法等については、前記の線量率測定用サーベイメータと同じである。

# 第 9 章　　平常時モニタリングの概要

平常時におけるモニタリングは、原子力施設周辺住民の線量の推定、評価、放射性物質の蓄積状況の把握、原子力施設からの予期しない放射性物質の放出による周辺環境への影響評価に資するために行う。

平常時において、浮遊じんに対しては、常時連続モニタリングが行われる。放射性ヨウ素に対しては、ヨウ素モニタを用いた連続モニタリングが望ましいが、事故情報等によりヨウ素の放出が予測された場合、モニタリングを開始し監視の強化を図る方法もある。

## 9.1　平常時浮遊じんモニタリング

### 9.1.1　機器及び器具

①　ダストサンプラとダストモニタ*1

大気中の放射性物質の濃度を監視する平常時におけるモニタリングは、ダストサンプラ又はダストモニタを用いて行う。

ダストサンプラは、ろ紙を装着する集じん部と吸引ポンプ、流量計、圧力計を擁する吸引部等で構成されている。ダストモニタは、ダストサンプラとろ紙上の放射能を連続して測定するための検出器、計測部等から構成されている。

②　浮遊じん用捕集材*2（セルロース・ガラス繊維ろ紙等）

③　Ge 半導体スペクトロメータ

### 9.1.2　試料採取

ダストサンプラ又はダストモニタは、捕集期間中ろ紙を固定した固定ろ紙式とダストモニタはロール状ろ紙を一定速度で連続して移動、または、一定時間毎に間欠的に移動させる方式がある。操作方法を以下に示す。

(1) 捕集用ろ紙をろ紙ホルダに取り付ける。ロール状ろ紙の場合は、供給及び巻き取りスプールに取り付ける。

(2) ろ紙送りが連続又は間欠方式の場合、10、30 分、さらに 1 時間から 6 時間の任意の時間を設定する（現場又は遠隔制御が可能）。

(3) サンプラを起動し、流量の範囲を 100～250 l／min に調整する。

(4) ダストサンプラ又はダストモニタいずれを用いた場合も、1 ヵ月間の集じんろ紙を測定試料としてまとめる。

---

*1　ダストサンプラ及びダストモニタの集じん部及び検出部の仕様、特性、テレメータシステム及びモニタリングステーションとして具備すべき要件の詳細は［第 5 章］を参照。

また、最近、開発されたプルトニウム濃度測定装置（緊急時用及び平常時用）の代表 2 例に関しては［付録 2］を参照。

*2　捕集材の特性については、［第 6 章］を参照。

9.1.3　測定

(1)　モニタによる連続測定

全α又は全β用検出器を用いて、ロール状ろ紙を連続又は間欠方式で移動しながら測定する。核燃料施設を対象としてα線放出核種に注目した監視用検出器としては、上記の一体型、または、ZnS(Ag) シンチレータを単独で用いる。

ダストモニタの検出下限濃度は、ラドン・トロン崩壊生成物の影響がない場合、検出器のバックグラウンドと検出効率、捕集材の捕集効率、流量及び捕集時間Tに依存する。現在、使用しているモニタの検出下限濃度は、α線は約 $1\times10^{-7}$／T (Bq／$cm^3$)、β線は約 $1\times10^{-6}$／T (Bq／$cm^3$)である。しかし、実際にモニタリングを行う場合、特に、集じんしながら、または、集じん後早い段階で測定する場合、ラドン・トロン崩壊生成物の影響が測定値に大きく寄与するため、バックグラウンド指示値を考慮して、警報レベルを設定し自動監視する必要がある。

| 検出器 | バックグラウンド 3σ ($s^{-1}$) | 検出効率 (%) | 捕集効率 (%) | 流量 (l／min) | 検出下限濃度 (Bq／$cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| α | $3\times10^{-2}$ | 10 | 100 | 100 | $1\times10^{-7}$／T |
| β | 0.75 | 20 | 100 | 100 | $1\times10^{-6}$／T |

(2)　ダストサンプラによる集じんろ紙の測定

固定ろ紙式又は間欠移動式により、ある一定の期間集じんしたろ紙は、後日、8.1.4項の精密測定を行う。

放射能濃度は、固定ろ紙式及び間欠移動式の場合次式から求める。

$$C = \frac{N}{F \times 10^3 \times f \times t \times \eta_e \times \eta_s \times 10^{-4}}$$

ここで、C　：　放射能濃度 (Bq／$cm^3$)

N　：　t時間内に上昇した計数率計の正味計数率 ($s^{-1}$)

F　：　平均流量 (l／min)

f　：　圧力補正係数*3

t　：　捕集時間 (min)

$\eta_e$　：　計数効率 (%)

$\eta_s$　：　捕集効率 (%)

fは、次式から求める。

---

*3　容積式及び質量流量計を使用した場合は、f＝1である。

$$f = \sqrt{\frac{0.1013 + P_1}{0.1013 + P_0} \times \frac{273 + T_0}{273 + T_1}}$$

$P_1$ ，$T_1$ ： 捕集時の差圧（MPa）及び温度（℃）

$P_0$ ，$T_0$ ： 流量計の基準圧力（MPa）及び温度（℃）

この補正式は、大気圧（0.1013MPa）を 0 としたときの圧力で示され、$P_0$、$P_1$は一般に負である。

9.1.4 精密測定

(1) ガンマ線スペクトロメータによる測定

ダストモニタ（サンプラ）を用いて、大気中放射性物質をモニタリングし、平常時の監視を行うとともに、その後、大気試料を捕集したろ紙等について精密測定を行い、特定核種に着目して濃度が評価される。一般に、γ線放出核種に対しては Ge 半導体スペクトロメータが用いられており、これらの詳細な測定法については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（平成 4 年 8 月（3 訂））を参照することとする。

(2) ウラン、プルトニウムの精密測定

ウラン、プルトニウムの詳細な測定法については、文部科学省放射能測定法シリーズ 12「プルトニウム分析法」（平成 2 年 11 月（1 訂））および、同シリーズ 14「ウラン分析法」（平成 14 年 7 月（2 訂））を参照することとする。

9.2 平常時ヨウ素モニタリング

9.2.1 機器及び器具

① ヨウ素モニタ*4

ヨウ素モニタは、捕集材を装着する集じん部の構造が捕集材の形状の相違に伴い、ろ紙ホルダ部分及び検出器が異なる以外はダストモニタと基本的には同じ構成である。

② ヨウ素用捕集材*5（活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙、活性炭カートリッジ）

ヨウ素の性状が不明の場合が多く、有機ヨウ素の存在を考慮すると TEDA（トリエチレンジアミン）を添着した捕集材を準備する。

③ Ge 半導体スペクトロメータ

9.2.2 試料採取

ヨウ素モニタは、捕集期間中ろ紙を固定した方式である。操作方法を以下に示す。

---

*4 ヨウ素モニタの集じん部及び検出部の仕様、特性、及びテレメータシステムの詳細は［第 5 章］を参照。

*5 捕集用ろ紙の特性については、［第 6 章］を参照。

また、活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙及び活性炭カートリッジは、湿度の影響を受け、捕集効率が低下するため、保管管理、取扱いには注意が必要である。

(1)　ヨウ素用捕集材を選択する。

(2)　ヨウ素用捕集材をろ紙ホルダに取り付ける。

(3)　サンプラを起動し、流量は 50 l／min とする。

9.2.3　測定

(1)　モニタによる連続測定

バックグラウンド指示値を考慮して、警報レベルを設定し自動監視する。

ヨウ素モニタの検出下限濃度は、検出器のバックグラウンドと検出効率、捕集材の捕集効率、流量及び捕集時間 T に依存する。現在、使用しているモニタの検出下限濃度は、設定エネルギー幅を 360keV ±10%と表中の測定条件等を適用すると、約 $2\times10^{-5}$／T (Bq／$cm^3$)である。大気中放射性ヨウ素の性状の変化、捕集材の組み合わせ等の不確定要素があるため、捕集効率の低下により検出下限濃度は約 1 桁高くなると予測される。ここでは、ラドン・トロン崩壊生成物の影響は無視している。

| バックグラウンド 3σ ($s^{-1}$) | 検出効率 (%) | 捕集効率 (%) | 流量 (l／min) | 検出下限濃度 (Bq／$cm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 3 | 100 | 50 | $2\times10^{-5}$／T |

(2)　ヨウ素サンプラによる集じんろ紙の測定*6

一定期間集じんしたろ紙は、9.1.4 項(1)の精密測定を行う。

放射能濃度の算出は、9.1.3 項(2)に従って求める。

9.2.4　精密測定

ヨウ素モニタを用いて、平常時の監視を行うとともに、大気試料を捕集したろ紙等について精密測定を行い、濃度を評価する。一般に、γ線放出核種に対しては Ge 半導体スペクトロメータが用いられ、これらの詳細な測定法については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7　「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成 4 年 8 月 (3 訂)) を参照することとする。

9.3　ラドン・トロン崩壊生成物の影響

平常時及び緊急時の大気中放射性物質の濃度測定において、自然に存在するラドン・トロン崩壊生成物の影響が課題となる。付録 1 の付図 1.1 及び付図 1.2 に最近の東海村におけるラドン・トロン崩壊生成物濃度の季節及び日変化を示し、さらに、大気のモニタリング及び大気試料の測定において、ラドン・トロン崩壊生成物の影響の度合いを把握するための統計処理法を示す。

---

*6　ヨウ素の測定時において、第 1 段階のモニタリングの早い時点では放射性希ガスも活性炭等に吸着されるおそれがある。また、遅い時点では粒子状の核分裂生成物の $^{137}Cs$ 等が浮遊じんろ紙に捕集されることが考えられることから、濃度評価にあたっては、これらの核種の寄与を考慮する必要がある。

ラドン・トロン崩壊生成物に関する全国規模の調査結果によると、季節的な変動があり、夏期に低く冬期に高い傾向はどの地方でも同様であるが、地域によってはこの傾向があまり顕著でないところがある。また、地域的には、南(西)は低く、北(東)ほど高い傾向にある。しかし、これらの傾向は、地域的には例外的な特徴を示すものも存在する。いずれにしても、各地域毎に長期的な調査を行い、その傾向を把握してモニタリングに反映する必要がある。

環境用ダストモニタで大気中放射性物質の測定監視を行う場合、特に、集じんしながら、または、集じん後早い段階で測定する場合は、ラドン・トロン崩壊生成の影響を考慮した警報レベルの設定が必要となる。付録１に、連続測定データを用いたラドン・トロン崩壊生成の変動と警報レベルの検討例を示す。

# 第 10 章　緊急時モニタリングの概要

原子力施設における異常事態の発生時に対応すべき緊急時モニタリングにおいては、モニタリングステーション内に整備されている平常時用固定型のダスト・ヨウ素モニタによる測定データは、有効な情報源である。緊急事態において、その推移に応じて大気中のダストモニタの監視を強化し、ろ紙等の交換期間を短縮し、ダスト放射能濃度等に起因して変化する情報が把握される。また、可搬型サンプラの利用に加え、モニタリング車に装備した集じん用サンプラ及び測定装置を有効に活用される。さらに、地域によっては海上又は航空機サーベイも行われる。

## 10.1　緊急時浮遊じんモニタリング

モニタリング対象の浮遊じんは、原子力発電施設からのβ（γ）線放出核種で核分裂生成物及び核燃料施設からのウラン、プルトニウム等が考えられる。

### 10.1.1　機器及び器具

①　ダストサンプラとダストモニタ*1

②　可搬型サンプラ*1

③　浮遊じん用捕集材*2

④　各種測定機器*3 ： GM 計数管式サーベイメータ、ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ、Ge 半導体γ線スペクトロメータ又は NaI(Tl) シンチレーション式γ線スペクトロメータ、Si 半導体α線スペクトロメータ又は ICP－MS（誘導結合プラズマ質量分析装置）等

⑤　防災対策を重点的に実施すべき地域の範囲（EPZ)、サーベイルート及び定点サーベイ地点等を示した地図

⑥　非常用電話、携帯電話、無線装置等の通信装置

⑦　防護マスク、汚染防護服、個人線量計等の防護資機材

⑧　時計、記録用紙、ポリエチレン製袋等

### 10.1.2　試料採取

可搬型サンプラを用いた操作方法を以下に示す。

(1)　捕集材を装着した可搬型サンプラを用い、あらかじめ選定したモニタリング地点において、試料の採取を行う。また、必要に応じて追加又はモニタリング地点間について補完する。

---

*1　ダストサンプラ及びダストモニタの集じん部及び検出部の仕様、特性、テレメータシステム及び可搬型サンプラの詳細は［第 5 章］を参照。

*2　捕集用ろ紙の特性については、［第 6 章］を参照。

*3　各種サーベイメータの特性の詳細は［第 7 章］を参照。

(2)　ウラン、プルトニウムを対象にする場合の流量は 500 l／min 以上、60 分以内とする。

10.1.3　モニタリング地点

緊急時におけるモニタリング地点は、原子力施設の周辺にあらかじめ定めておき、平常時におけるバックウラウンドを把握しているモニタリング地点を含めて、次の項目を考慮して決定する。また、可搬型サンプラを配置する高さは、固定用の架台の大きさ、地表面からの土壌粉じんの捕集を回避し、呼吸域を代表する試料を採取するため、地表 1～1.5m とする。

①　最大濃度の出現予測地点と近傍

②　風下 60°セクター内の最大濃度の出現予測地点を中心とした風下軸の地表面直交線上数点

③　風下方向の人口密集地帯、集落、退避施設等

10.1.4　簡易測定

(1)　β(γ)線放出核種

GM 計数管式サーベイメータ又は NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いて測定する。

(2)　ウラン、プルトニウム*4

ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータを使用し、計数率方式で時定数 3、10、30 秒のいずれを任意に選択する。また、Si 半導体α線スペクトロメータを使用した測定も可能である。

検出下限濃度は、ZnS(Ag) シンチレーション式サーベイメータを使用した場合の検出下限値（放射能）は、約 1 Bq である。可搬型サンプラによる捕集流量を 500 l／min、捕集時間を 10 分間とすると検出下限濃度は約 $2\times10^{-7}$ (Bq／$cm^3$)である*5。

10.1.5　精密測定

(1)　β(γ)線放出核種

9.1.4 項(一)に従って測定する。

---

*4　ここに示した簡易測定法は、ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータの計数率方式であるが、スケーラ方式による測定も可能である。スケーラ方式によるプリセットタイムは 0.1、1、10 分で、スイッチにより切り換えて使用する。この両方式を比較すると、時定数とプリセットタイムの設定条件によるが、スケーラ方式に基づく測定時の検出下限値は、計数率方式時の約 1／3 である。

*5　大気中にある天然のラドン・トロン崩壊生成物の存在により、ウラン又はプルトニウム濃度を過大評価するおそれがあるため、短寿命のラドン娘核種の減衰を待ち、数時間後に測定することが望ましい。

また、大気中のウラン又はプルトニウム濃度を簡易測定により求める方法は、ウラン又はプルトニウム濃度が低い場合は適さない。

(2)　ウラン又はプルトニウム

9.1.4 項(2)に従って測定する。

## 10.2　緊急時ヨウ素モニタリング

緊急時における測定法については、放射能測定法シリーズ 15「緊急時における放射性ヨウ素測定法」(平成 14 年改訂)と本質的に異なるものではない。

### 10.2.1　機器及び器具

①　ヨウ素モニタ*6

②　可搬型サンプラ*6

③　ヨウ素用捕集材*7（活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙、活性炭カートリッジ）

④　Ge 半導体スペクトロメータ

⑤　各種測定機器*8：NaI(Tl) シンチレーション式サーベイメータ又は GM 計数管式サーベイメータ、Ge 半導体γ線スペクトロメータ又は NaI(Tl) シンチレーション式γ線スペクトロメータ

⑥　防災対策を重点的に実施すべき地域の範囲（EPZ)、サーベイルート及び定点サーベイ地点等を示した地図

⑦　非常用電話、携帯電話、無線装置等の通信装置

⑧　防護マスク、汚染防護服、個人線量計等の防護資機材

⑨　時計、記録用紙、ポリエチレン製袋等

### 10.2.2　試料採取

可搬型サンプラを用いた操作方法を以下に示す。

(1)　浮遊じん捕集材の後段に緊急時用に準備したヨウ素用捕集材（活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙又は活性炭カートリッジ）をろ紙ホルダに装着する。

(2)　捕集材を装着した可搬型サンプラを用い、あらかじめ選定したモニタリング地点において、試料を採取する。

(3)　流量は 50 l／min で、5 分間集じんする。

(4)　大気試料を捕集した捕集材は、ポリエチレン製袋等に入れる。

### 10.2.3　モニタリング地点

9.2.2 項(2)に従って採取する。

---

*6　ヨウ素モニタの集じん部及び検出部の仕様、特性、テレメータシステム及び可搬型サンプラの詳細は［第 5 章］を参照。

*7　捕集用ろ紙の特性については、［第 6 章］を参照。

ヨウ素の性状が不明の場合が多く、有機ヨウ素の存在を考慮すると TEDA（トリエチレンジアミン）を添着した捕集材を準備する。また、降雨時には、直接雨がかからないように工夫が必要である。

*8　各種サーベイメータの特性の詳細は［第 7 章］を参照。

10.2.4　モニタによる連続測定

ヨウ素モニタによる自動監視を強化し、必要に応じて、ヨウ素用捕集材の交換期間を短縮する。

10.2.5　簡易測定

可搬型サンプラを用いて集じんしたろ紙は、次の方法により測定する。

(1)　NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータで計数率方式又は線量率方式を用い、ダスト用ろ紙に活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙又は活性炭カートリッジを重ねた状態で測定する。*9

(2)　Ge 半導体γ線スペクトロメータを用いて 10 分間測定する。

(3)　上記（1）及び（2）を併用して測定する。

検出下限濃度は、 NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いた場合、計数率方式では約 $3\times10^{-4}$（Bq／$cm^3$）、線量率方式では $2\times10^{-3}$～$1\times10^{-2}$（Bq／$cm^3$）範囲である。Ge 半導体γ線スペクトロメータを用いた場合は、約 $5\times10^{-6}$（Bq／$cm^3$）である。*9

ヨウ素濃度は、次式から求める。

$$C = \frac{N \times K}{F \times 10^3 \times f \times t \times \eta_s \times 10^{-2}}$$

ここで、C　：　ヨウ素濃度（Bq／$cm^3$）

N　：　サーベイメータの正味線量率（μSv／h）又は正味計数率（$s^{-1}$）

K　：　換算係数　（Bq／μSv・$h^{-1}$）又は（Bq／s）

F　：　平均流量（l／min）

f　：　圧力補正係数*12

t　：　捕集時間（min）

$\eta_s$　：　捕集効率（%）

---

*9　測定器の種類、測定方式の相違及び使用捕集材の相違による適用例の検討結果については、［付録 4］参照。

*10　各種サーベイメータの特性は、［第 7 章］を参照。

*11　簡易測定時の短時間測定における検出下限値（放射能）は、Ge 半導体γ線スペクトロメータの性能に依存し、相対効率 25%の Ge 半導体検出器を用いる場合、10 分測定において約 1 Bq である。

*12　可搬型サンプラに圧力計が取り付けられている場合は、9.1.3 項(2)に従って補正する。取り付けられていない場合は、f ＝ 1 とする。

捕集効率を 100（%）とすると、次式のようになる。

$$C = 4 \times 10^{-2} \times N \times K \ / \ f$$

10.2.6　精密測定

ヨウ素モニタを用いて、大気中放射性物質をモニタリングし、平常時の監視 を行うとともに、その後、大気試料を捕集したろ紙等について精密測定を行い、特定核種に着目して濃度を評価する。一般に、γ線放出核種に対しては Ge 半導体スペクトロメータが用いられ、これらの詳細な測定法については、文部科学省放射能測定法シリーズ７　「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（平成４年８月（3 訂））を参照することとする。

# 付　　録

## 付録 1　　ラドン・トロン崩壊生成物の影響

大気中放射性物質の連続監視において、自然に存在するラドン、トロン崩壊生成物による影響が問題となる。ラドン、トロン崩壊生成物のうち、影響の大きい主な核種は、RaB($^{214}$Pb)及びThB($^{212}$Pb)であり、それぞれの半減期は 26.8 分と 10.6 時間である。

これらの崩壊生成物の自然計数率は、季節、気象条件等により変動し、その時間変動は対数正規分布を示す。環境モニタリング用ダストモニタにおいて連続測定されたデータと、その結果を用いた警報レベル設定の検討例を以下に示す。

### 4.1 モニタリング条件

用いたデータは、茨城県東海村の日本原子力研究所が設置するモニタリングステーション（４基）の環境モニタリング用ダストモニタによる測定結果である。モニタリング条件は、ロール状 HE－40Ｔろ紙（集塵面 50mmφ）を使用して、100 l／min の流量で吸引しながら GM 計数管（2 ｲﾝﾁφ）で連続測定を行っている。その計数率（β線に対する計数効率約 25%）は、1 分間隔でテレメータシステムにより中央監視装置に送信され監視されている。なお、固定ろ紙は 168 時間で自動的に送り出され、1 月毎にろ紙が回収されて長半減期核種のα、β及びγ線放射能測定が行われる。

### 4.2 計数率変動

4 基(MS-1～MS-4)のモニタリングステーション内のダストモニタによる連続測定結果について、2001 年 1 月から 2002 年 12 月までの 2 年間の月平均計数率（１分毎の計数率を月平均したもの）の変動を付図 1.1 に月間の降雨日数とともに示した。月平均計数率は、降雨日数の少ない時期に高い傾向が確認できる。

次に、MS-１の 2003 年 2 月初めのろ紙移動時から 168 時間の連続測定結果による日及び時間変動を付図 1.2 に示した。日中は低く、夜間から日の出までの大気が安定している時間帯に高いことが解る。なお、同図に示した 1 分毎の計数率差分は、前１分値との差を求めて増加したもののみをプロットしたものであり、１分間に集塵された放射性物質による計数率の変動を見ることができる。

### 4.3 幾何平均計数率及び幾何標準偏差の試算と警報レベルの例

環境用ダストモニタで大気中放射性物質の連続監視を行う場合、その警報レベル設定は、ラドン、トロン崩壊生成物の影響を把握した上で決定しなければならない。その場合の参考として、幾何平均計数率 Mg 及び幾何標準偏差σｇによる警報レベル設定の検討を行ったので、警報レベル設定手法の一例として以下に示す。

データ数ｎ＝744（2002 年 1 月の１分毎の計数率を平均した）

1 時間平均の計数率を $C_i = C_1$、$C_2$・・・$C_n$ とする。

$C_i$の自然対数 $X_i = \ln C_i$ を求め、

$$X = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \cdot\cdot\cdot\cdot X_n) = 6.29$$ となる。

Xの真数が幾何平均計数率Mgであるから、

$$Mg = e^{X} = 541.4\ (min^{-1})$$

幾何標準偏差は、Mgの計算と同様に$C_i$の自然対数$X_i$とし、次式から求め、

$$Ux = \frac{1}{n-1}\ \Sigma(X_i - X_2) = \frac{1}{n-1}\ (\Sigma X_i{}^2 - n \cdot X^2) = 0.551$$

となる。

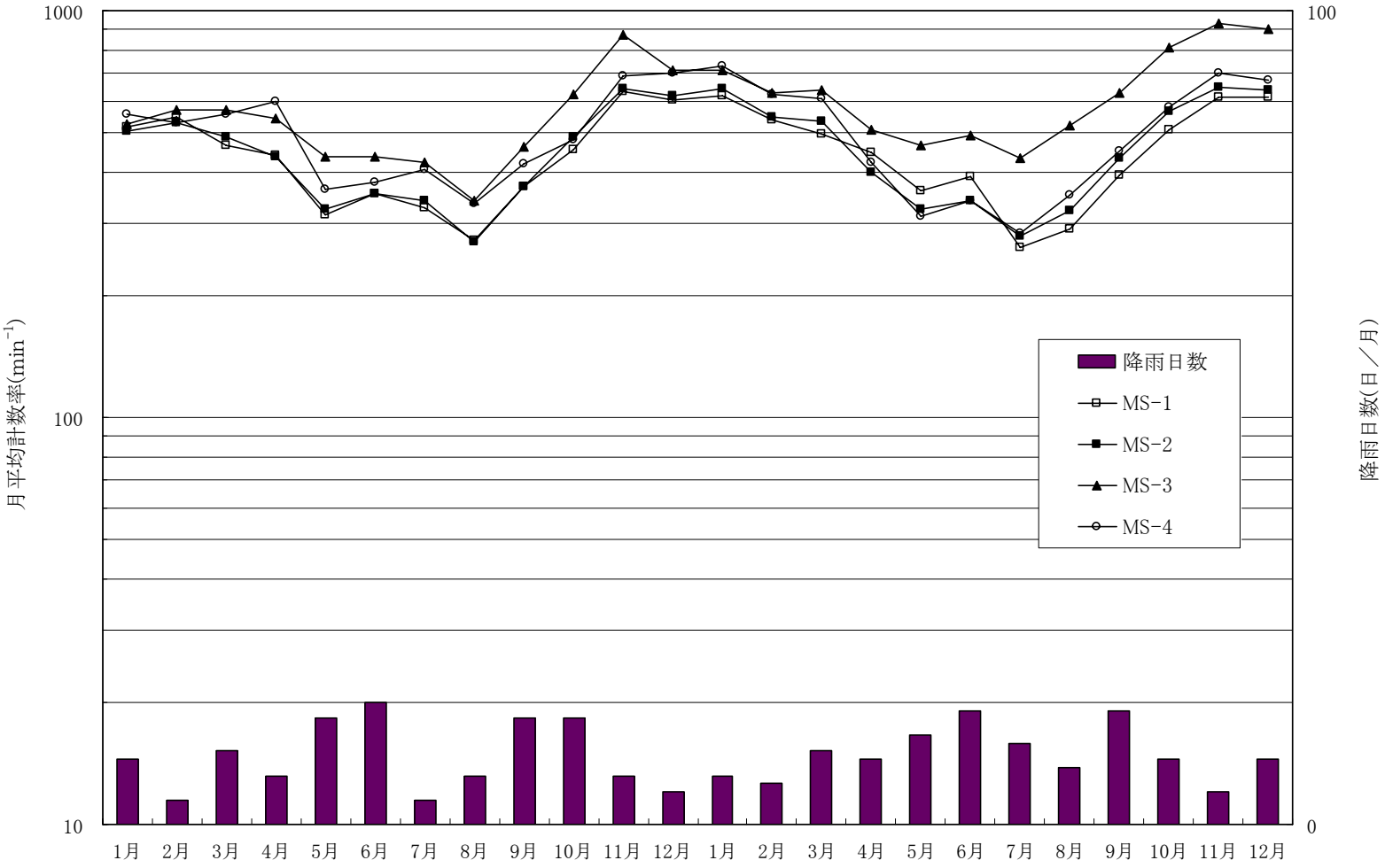
Uxの真数が幾何標準偏差σgであるから、

$$\sigma g = e^{Ux} = 1.74$$

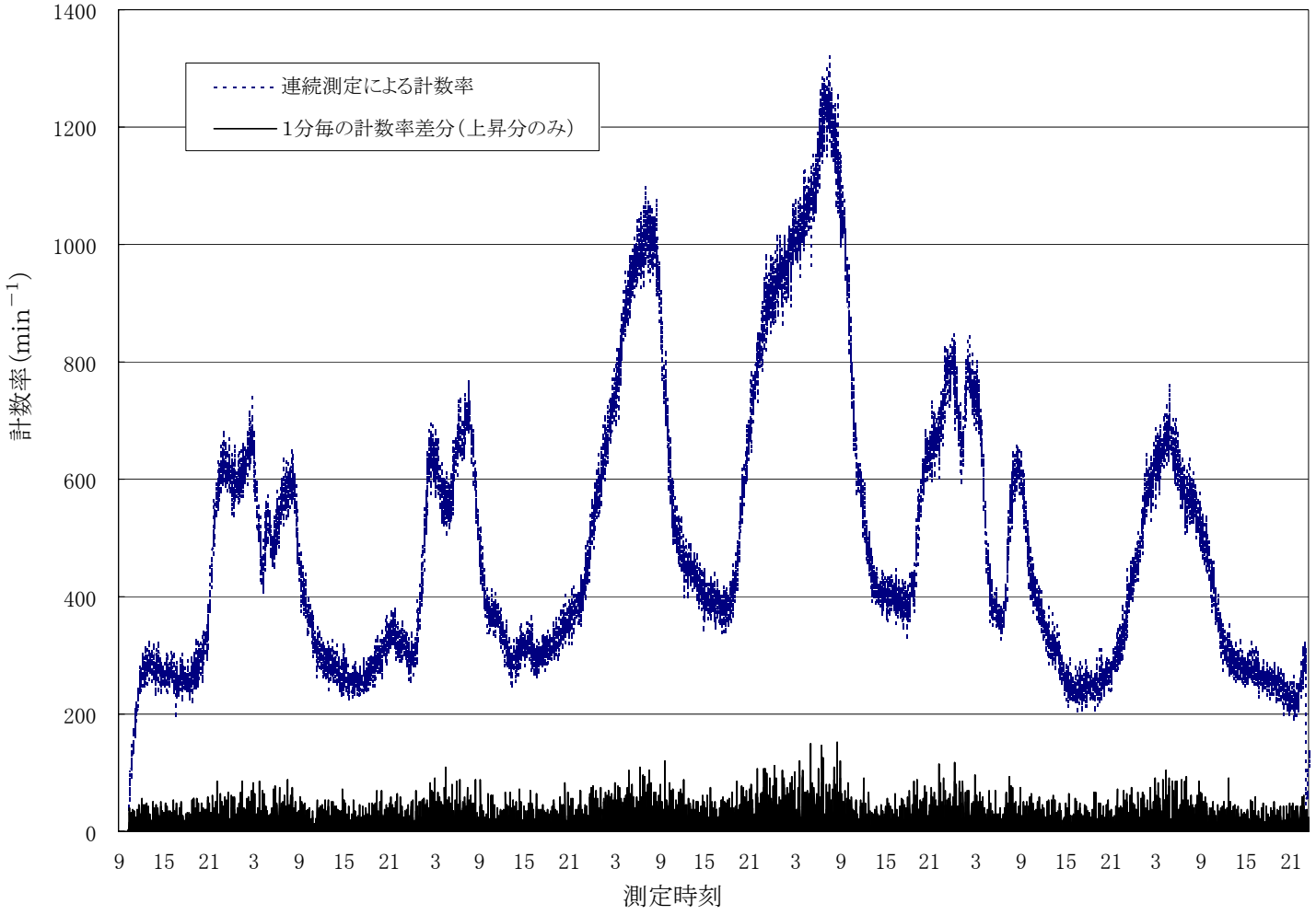
対数正規分布の場合の変動幅σは、

$$\sigma = Mg \times \sigma g^3 = 541.4 \times (1.74)^3 = 2{,}852\ (min^{-1})$$ となる。

上記の計算例から求めたσからは、警報レベルとして例えばσ値又はそれを超える3,000$min^{-1}$程度の設定が考えられる。また、付図4.2に示した1分間毎の計数率増加分のみから同様にσを求め、その警報レベルによりリアルタイム監視を行う方法も一つの手法として考えられる。




付図 1.1　環境における全β計数率の季節変化(2001 年 1 月～2002 年 12 月)




付図 1.2　全β計数率の日変化（2003 年 2 月：MS-1）

## 付録 2　　プルトニウム測定装置の開発例

### 開発例－1　日本原子力研究所

再処理施設の事故時においては、環境中に放出される核種が原子力発電所の場合と異なることも予想され、防災対策をより充実したものとするとの観点からは，特にプルトニウム等のα線放出核種に着目した空気中放射能濃度のより迅速で感度の良いモニタリング技術の確立が必要となる。日本原子力研究所は，旧科学技術庁からの委託事業「モニタリングシステム調査」により、1996 年 10 月から 2000 年 3 月まで、空気中プルトニウム放射能濃度を迅速かつ高感度で測定できるモニタリングシステムの調査検討を行った。この一環として、モニタリングステーション等に設置し緊急時に稼動する空気中プルトニウム放射能濃度測定装置を開発した。この測定装置の概要及び特性試験の結果について述べる*1。

空気中プルトニウム放射能濃度測定装置の外観を付図2.1に、概略図を付図2.2に示す。主な仕様を付表2.1に示す。測定装置は，空気サンプリング部、検出部及び計測部から構成される。測定の迅速性と高感度の両方を満足するため，ターンテーブル式の空気サンプリング部を開発した。付図2.3に概要を示す。サンプリングと計測が同時である連続式測定（1時間測定：時間変更可能）を行った後、そのサンプリング試料（フィルタ）を自動的に移動させ、バッチ式の真空状態で再測定（1時間測定）できるとともに，新たなフィルタを補給することで、連続式測定も継続して行えるようにした。また、プルトニウムの検出に適したサンプリング用フィルタとして，表面捕集性能や圧力損失の特性試験結果*2から、フィルタの裏側を補強したPTFE（四フッ化エチレン樹脂）メンブランフィルタを採用した。フィルタは，円筒形の専用ホルダに装着され，フィルタ収納部には，10個のホルダが収納可能である。検出部には、大面積の半導体検出器を用い、計測部においてα線スペクトル測定が行われる。また、計測部では、モニタリングをできるだけ迅速化するため、測定装置を遠隔から始動させる機能及び計測データを自動伝送する機能も設けている。

空気中プルトニウム放射能濃度測定装置の特性試験を青森県六ヶ所村において実施した。大気塵をサンプリングして、ラドン崩壊核種等から放出されるα線のスペクトル測定を延べ165回行い、プルトニウムのエネルギー領域の測定に対する影響を検討した。α線のスペクトル測定例を付図2.4に示す。連続測定の場合，空気層などによってスペクトルの低エネルギー側へのテーリングが大きいが、連続測定後のバッチ測定では、真空状態やラドン崩壊核種の減衰により、ラドン崩壊核種の妨害が小さい。サンプリング時のラドン崩壊核種や大気塵の濃度レベルにもよるが、本試験の結果からは，測定開始から1時間（連続式測定終了）で、

---

*1 木内伸幸　他：緊急時環境モニタリングのための空気中プルトニウム放射能濃度測定装置の開発、Radioisotopes, 51, 71-77 (2002)

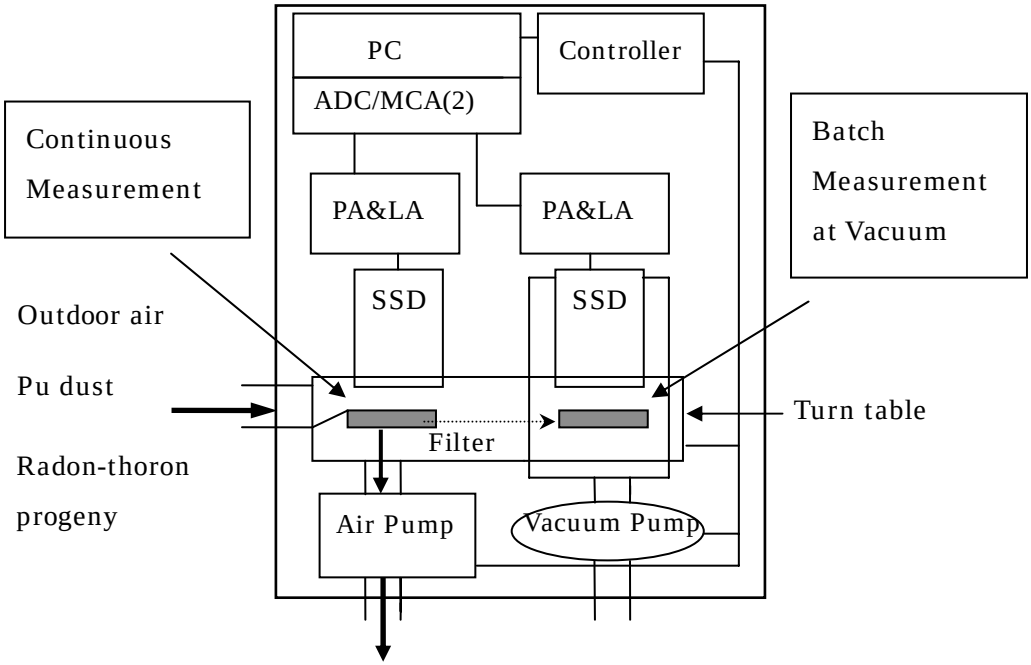
*2 Kinouchi, N. et al. : Selection of Filter Media Used for Monitoring Airborne Alpha-Emitting Particles in a Radiological Emergency, Radioisotopes, 50, 403-407 (2001)

0.2Bqm$^{-3}$程度の濃度レベルを、2時間（バッチ式真空状態測定終了）で、さらに一桁以上低い濃度レベルをより正確に測定することが可能であると考えられる。

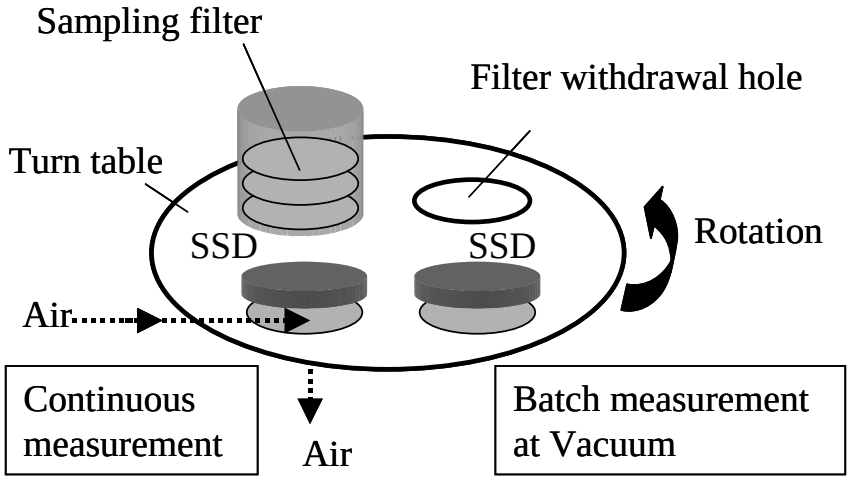
付表 2.1
空気中プルトニウム放射能濃度測定装置の主な仕様

| | |
|---|---|
| 主要部寸法 | 約８０×８０×１５０ｃｍ |
| 重量 | 約３５０ｋｇ |
| 検出器 | イオン注入型シリコン検出器 |
| 素子面積 | ５,０００mm$^2$ |
| フィルター検出器距離 | ９.５mm |
| フィルタ径（有効径） | ９０mmφ（７５mmφ） |
| 標準流量率 | ２００ L/min |
| 真空度 | 約０.２kPa |

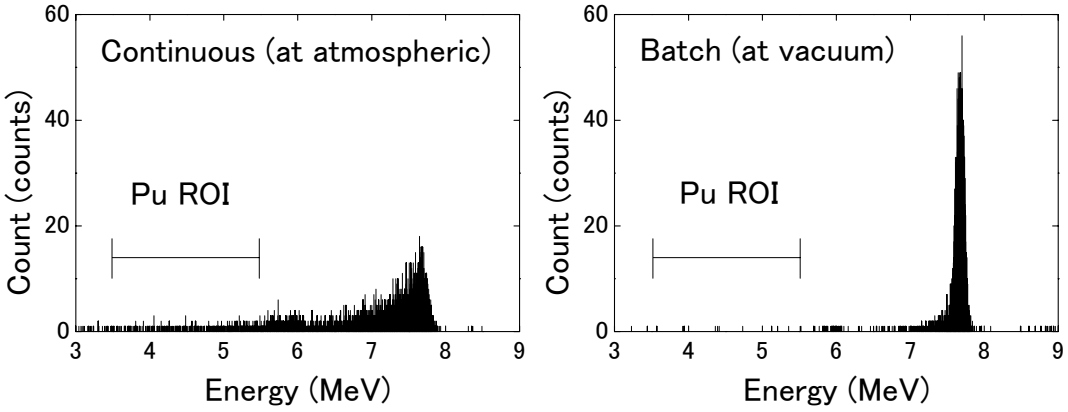
付図 2.1　空気中プルトニウム放射能濃度測定装置（写真）




付図 2.2　空気中プルトニウム放射能濃度測定装置の概略図




付図 2.3　ターンテーブル式空気サンプリング部




付図 2.4　大気塵サンプリングによるα線スペクトル測定例

（サンプリング時間：１時間、計測時間：各１時間）

## 開発例－2　　核燃料サイクル開発機構

本測定法は、プルトニウム燃料施設等において、プルトニウム等の濃度を自然放射性核種から迅速、正確に測定するため、パルスの時間間隔を利用したこれまでにない方法である。

これまでの放射線測定法が、検出器に入射して発生した電気的パルスの波高（エネルギー情報）や波形（線種の違いによるライズタイムの違い）などに着目していたことに対して、この技術はパルスの時間間隔をも利用する技術である。

本技術は、新潟大学橋本教授の指導のもとにサイクル機構が開発を進めており、現在、原理が実証された段階である*[1]。

1　概念

自然の放射性物質であるラドン・トロン崩壊生成物は半減期が短いため、親核種からの放射線と子孫核種からの放射線のパルスが一定の時間間隔内に連続して検出器に入射する確率が高い（以下「相関事象」という。）のに対して、プルトニウムのような長半減期放射性核種は、測定時間内ではランダムに入射すると見なせるとの違いを利用したものである。

時間間隔解析法は概ねマイクロ秒からミリ秒オーダの半減期を有する核種の減算に適用でき、ウラン系列においては、$^{214}$Bi→$^{214}$Po→のパルス対を除去できるものであり、トリウム系列においては、$^{220}$Rn→$^{216}$Po→及び$^{212}$Bi→$^{212}$Po→のパルス対が本法により除去できる。

任意の測定時間内の全てのパルス対の時間間隔を用いる多重時間間隔解析（MTA 法）における時間スペクトル（確率式）は下式で表される。

$$MP(t)dt_{MTA} = M[\alpha_t \cdot \lambda \cdot \exp(-\lambda t) + C]dt \qquad \cdots\cdots(1)$$

ここで、M:全計数値、P(t)dt：t=0 で任意事象によってスタートし時間間隔 t 時間の後 dt 時間内に起こる事象によって終わる確率、$\alpha_t$:相関事象発生確率、$\lambda$：相関事象の壊変定数、C:ランダム事象の計数率。

上式の第一項（$\alpha_t \cdot \lambda \cdot \exp(-\lambda t)$）は相関事象の発生確率を、第二項（C）は、ランダム事象の発生する確率を示している。式の形から第一項は指数関数的減少を、第二項は一定値をとることが分かる。これにより、両者を弁別することができる。

付図 2.5 に本システムの概念を示す。

Si 半導体検出器で発生したパルスは、増幅器で増幅された後に ADC においてディジタル変換されるが、その際に、波高弁別器とタイマーに同時に送信される。その後、パルス毎の時間情報などを多重情報入力器（マルチパラメータコレクタ）に入力保存する。測定終了後にパルス間の時間間隔を統計処理し、全体のエネルギースペクトルから自然放射性物質の放射線による計数を差し引くことができる。

---

*[1]　植頭康裕、橋本哲夫；“時間間隔解析技術を用いた次世代放射線モニタリングシステム”，核燃料サイクル開発機構技報，17，109，(2002)

2　実験

空気中のダストに付着したラドン・トロン崩壊生成物を採取したダストろ紙にプルトニウムを添着し、前述の検出器で測定後に時間間隔解析により、ラドン・トロン崩壊生成物が減算できるか試みた。ラドン・トロン崩壊生成物の採取は、100 l／min で約 2 時間、空気中のダストをミリポア製四フッ化エチレン系のメンブランフィルタに採取した。ダスト採取直後に試料表面に 10 数 cpm のプルトニウム粒子を添着させ、飛散防止のためマイラ膜により表面を覆った。20 分間測定後に時間間隔解析による自然放射性物質の減算を試みた。

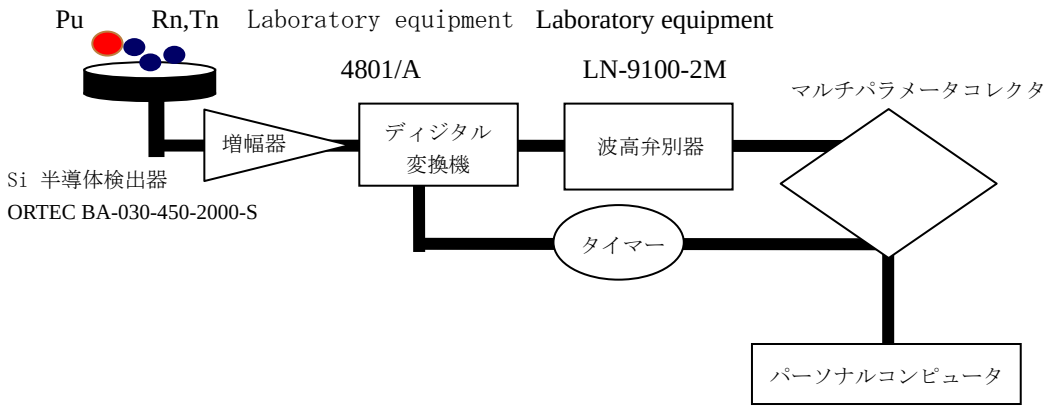
3　結果と考察

付図 2.6 に従来の方法で測定し求めたエネルギースペクトルを示す。プルトニウムのα線及びラドン・トロン崩壊生成物由来のα線が明確に区別できず連続したスペクトルとなっている。

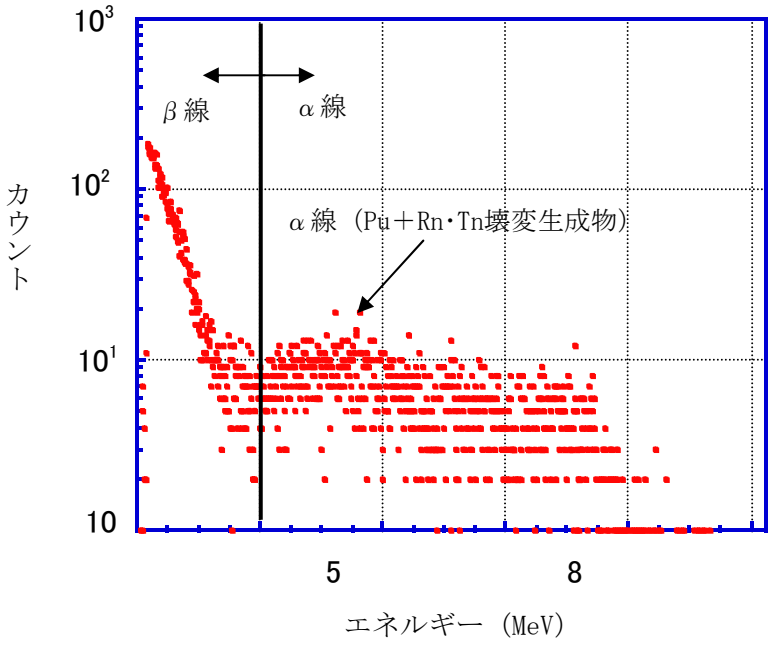
そこで、$^{216}$Po の半減期（145 ミリ秒）の 5 倍の時間間隔内に入射したパルス対をエネルギースペクトル上から減算した。その結果が付図 2.7 である。

付図 2.7 は付図 2.6 で認められたラドン・トロン崩壊生成物による連続的な影響が除かれており、プルトニウムのピークが認められる。

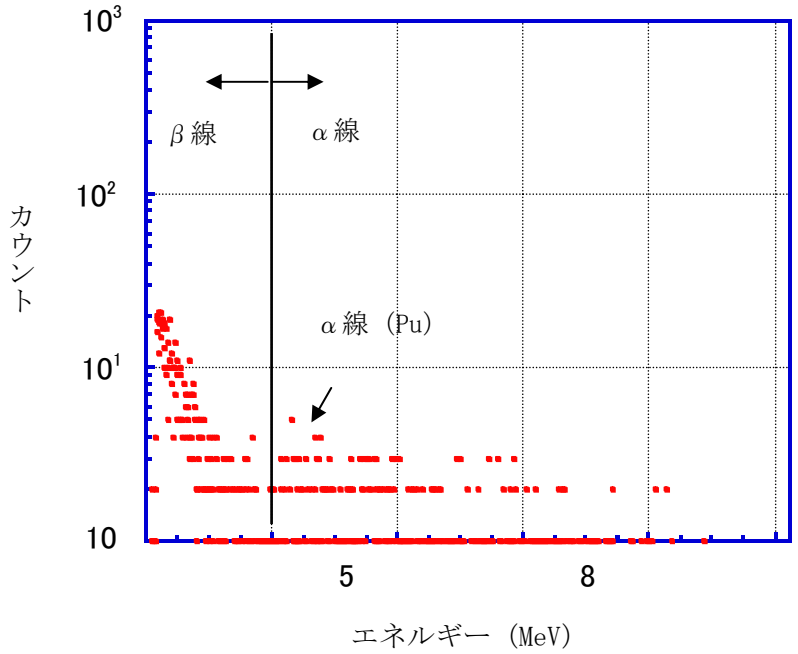
本法の検出下限値は、試料量６$m^3$、試料測定時間 1 時間、バックグラウンド測定時間 1 時間、バックグラウンド１cpm、計数効率 30%の条件で、約６×$10^{-3}$Bq/$m^3$ と評価できた。このレベルは酸化物プルトニウム－239 の周辺監視区域外の空気中の濃度限度である８×$10^{-3}$Bq/$m^3$ が定量できるレベルである。




付図 2.5 時間間隔解析装置システム




付図 2.6 ラドン・トロン壊変生成物の濃度が高い場合の
プルトニウムを含む試料のエネルギースペクトル




付図 2.7　時間間隔解析によるラドン・トロン崩壊生成物減算後
のエネルギースペクトル

# 付録 3　　大気中放射性ヨウ素の性状

## 3.1　概要

原子力施設から平常運転時に大気中に放出される気体状放射性廃棄物である放射性ヨウ素及び事故時に放出が予想される放射性ヨウ素（原子炉：$^{131}$I、$^{133}$I、再処理：$^{129}$I）は、吸入又は経口摂取等により施設周辺に住む公衆の体内に取り込まれた場合の内部被ばく線量を評価する際に考慮すべき重要な核種である。

また、大気中放射性ヨウ素濃度を評価するために、大気試料を捕集する際においても放射性ヨウ素の性状を考慮して捕集用ろ紙を選択する必要があり、放射性ヨウ素の性状の把握は重要である。ここに、野口がまとめた報告書*1を以下に要約して示す。

### 3.1.1　放射性ヨウ素の性状

放射性ヨウ素は、燃料などの発生源から放出された後、種々の経路を経て、フィルタ系や換気系、または、場合によっては炉室内等を通って一部は大気中に放出されるが、発生源から放出されたときの性状をそのまま保持して人体まで到達することは考えられず、途中の経路又は種々の環境中においても性状変化を起こすことが予想される。

放射性ヨウ素の性状は、元素状ヨウ素の $I_2$、この $I_2$ がエアロゾル粒子に吸着して粒子として挙動する粒子状ヨウ素、次亜ヨウ素酸の HOI 及び有機ヨウ素であるヨウ化メチル $CH_3I$ に分類でき、ヨウ素捕集用ろ材の捕集効率に大きく影響する因子である。

### 3.1.2　平常運転時及び事故時の放射性ヨウ素性状の実測例

平常運転時における発生源近くの放射性ヨウ素の性状について、実測例が報告されている。米国の Monticello 発電プラントでは、排気ヨウ素のうち $I_2$ が約 20%、$I_2$ 以外の揮発性無機及び有機ヨウ素が約 80%を占めていた。このヨウ素は HEPA フィルタに濾過された後スタックから放出されたため、スタック放出時の $I_2$ は約 6.4%と評価されている。また、Oyster Creek 発電所の SJAE Delay Line 排気系 HEPA フィルタ下流側で測定された性状は、粒子状ヨウ素が 0.1%以下、$I_2$ が 1 %以下、HOI が 12%、有機ヨウ素が 87%であった。その他の建家換気システム等の排気中のヨウ素は、粒子状ヨウ素と $I_2$ の割合が高く、全体では放出ヨウ素の約半分は粒子状ヨウ素と $I_2$ であるとしている。Quad Cities 発電プラントの主スタックからのヨウ素の性状は、粒子状ヨウ素が約 8%、$I_2$ が約 40%、HOI が約 24%、有機ヨウ素が約 29%であると報告がある。再処理施設について、米国のハンフォード Purex Plant においては、全ヨウ素中の有機ヨウ素の割合は 11～60%であり、これらの変動は施設内の操作手

---

*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).

順に関連していること、および、有機ヨウ素の大部分はヨウ化メチルであると報告されている。また、アイソトープ生産用の化学分離工場のスタックから放出された $^{131}I$ の性状は、$I_2$ 又は HI が 1／3 以下であり、粒子状ヨウ素が 0.3%以下であった。日本原子力研究所の $^{131}I$ 製造施設の排気中のヨウ素の化学形を測定し、活性炭フィルタの下流側において、$CH_3I$ が約 88%、$C_2H_5I$ が約 7.7%、$HIO_3$ が約 4.3%であったと報告している。

原子炉事故時の放射性ヨウ素は、活性炭の除去装置等により除去される。特に、$I_2$ は高い効率で除去されるが、有機ヨウ素に対する除去効率は $I_2$ ほど高くないため、環境へ放出されるヨウ素の性状は有機ヨウ素の割合が高いものになる。米国スリーマイルアイランド原子力発電所２号炉の事故後、原子炉補助建家内で測定され、粒子状ヨウ素が 27%、$I_2$ が 25%、HOI が 18%、$CH_3I$ が 30%であったと報告されている。

## 3.2　放射性ヨウ素の主要な反応特性

大気中ヨウ素に対して予想される主要な反応は、下表に示すように有機ヨウ素であるヨウ化メチル（$CH_3I$）、$I_2$ 及び $I_2$ 以外の無機ヨウ素（HOI 等）の太陽光による分解反応（R－1～R－3）、$CH_3I$ と大気中 OH ラジカルとの反応（R－4）、$I_2$ の大気エアロゾルへの吸着反応（R－5）、$I_2$ から有機ヨウ素への反応（R－6）等である。

| | |
|---|---|
| R－１ | $CH_3I + h\nu \rightarrow CH_3 + I$ |
| R－２ | $I_2 + h\nu \rightarrow I + I$ |
| R－３ | $HOI + h\nu \rightarrow$ 生成物 |
| R－４ | $CH_3I + OH \rightarrow CH_2I + HOH$ |
| R－５ | $I_2$ （orI） ＋ 粒子 → 粒子状ヨウ素 |
| R－６ | $I_2$ （orI） ＋ M →有機ヨウ素（又は生成物） |

### 3.2.1　ヨウ化メチルの空気中における光分解反応特性

$CH_3I$ の空気中における光分解反応特性実験は、反応容器内の $CH_3I$ に太陽光及び模擬太陽光としてキセノン光源からの白色光を照射して行った。その結果、$CH_3I$ は白色光の紫外線エネルギー量が増加するにつれて指数関数的に分解した。光分解によって生成されたヨウ素は、太陽光、白色光いずれの場合も元素状ヨウ素であった。$CH_3I$ の質量濃度が $10^{-7}$～$10^{-5}$g／cm$^3$ と比較的高い場合は、99%近くまで元素状ヨウ素が生成されたが、濃度が $10^{-11}$～$10^{-9}$g／cm$^3$ と低い場合は約 90%の割合となり、その他のヨウ素として元素状ヨウ素以外の無機ヨウ素や粒子状ヨウ素が生成された。$CH_3I$ の光分解と元素状ヨウ素の生成に関して、相対湿度の影響はみられず、また、$CH_3I$ の光吸収スペクトルを測定し、吸収スペクトルに及ぼす媒質として空気の影響はなかった。

この結果を利用して、放出された $CH_3I$ の太陽光による分解反応の速度定数と分解速度の推定法を開発した。その結果、晴天日の $CH_3I$ の反応速度定数の値は、一日の中では正午頃最大、7 月上旬正午の 1 時間平均の分解速度は約 3.6 % $h^{-1}$ となること、1 日

平均値は 7 月に最大（約 24%$d^{-1}$）、12 月に最小（約 7.3%$d^{-1}$）となることを明らかにした。

原子力施設から放出される放射性ヨウ素は 100%が $CH_3I$ であり、風速 1～5 m／s で 80km 移動する場合、放出ヨウ素がすべて元素状ヨウ素であると仮定をすると夏期で 5 倍以上、冬期で 10 倍以上の過大評価することになると推定した。

### 3.2.2　元素状ヨウ素のエアロゾルに対する吸着特性

元素状ヨウ素のエアロゾルに対する吸着特性は、線香燃焼エアロゾルとフライアッシュエアロゾルの $I_2$ ガス吸着実験後、大気エアロゾルへの $I_2$ ガス吸着実験を行った。吸着反応に及ぼす反応時間、$I_2$ ガス濃度、エアロゾル個数濃度などの影響を調べた。その結果、吸着反応は一部可逆的で、ある時間経過後平衡状態になる。この平衡到達時間は、エアロゾルに依存し、線香エアロゾルの場合約 2 分、フライアッシュエアロゾルの場合数分、大気エアロゾルの場合 $I_2$ ガス初期濃度が高いときは 10 数分、低いときは数 10 分であることを明らかにした。さらに、吸着等温線を求めた結果、線香エアロゾルの場合フォロインドリッヒ型とヘンリー型の混合型が、フライアッシュエアロゾルの場合と大気エアロゾルの場合フォロインドリッヒ型が最適であった。これらの結果を解析するため、$I_2$ のエアロゾルからの離脱を考慮した吸着評価式を開発した。さらに、この式と大気拡散式を組み合わせて、原子力施設から大気中に放射性 $I_2$ ガスが放出された場合の大気エアロゾルへの吸着挙動を推定した。その結果、風下距離とともに吸着割合は増加するが、吸着量は減少することを明らかにした。

## 3.3　チェルノブイル事故に起因する放射性ヨウ素の性状

### 3.3.1　測定方法と結果

1986 年 4 月 26 日に起こったソ連のチェルノブイル原子炉事故では、約 $2.7\times10^{17}$Bq の $^{131}I$ が環境中に放出された。事故の 7 日後、約 8,000km 離れた日本にも、$^{131}I$ や $^{137}Cs$ 等が到着し、放射性ヨウ素濃度の測定が日本各地で実施された。

野口等は、5 月 6 日から 19 日まで、原研東海研究所において、放射性ヨウ素を 4 種類の性状別（粒子状ヨウ素とガス状ヨウ素、ガス状ヨウ素はさらに HOI 等の無機ヨウ素及び有機ヨウ素）に捕集し、各濃度及び性状割合を測定した。その測定結果を以下に示す。

放射性ヨウ素の弁別捕集は、2 種類の捕集材配列のメイパックサンプラを用いた。タイプ 1 は、上流側から $I_2$ ガス捕集用の銀網（5 枚 1 組、3 段）、粒子状ヨウ素捕集用のミリポアフィルタ（1 枚）、フィルタ上の粒子状ヨウ素から離脱してくる $I_2$ ガス捕集用の銀網（5 枚 1 組、1 段）、HOI 等の無機ヨウ素捕集用のフェノール添着活性炭フィルタ（2 枚）、および、これらのヨウ素以外の有機ヨウ素捕集用の TEDA 添着活性炭ベット（厚さ 10mm、2 段）から構成されている。タイプ 2 のメイパックサンプラは、上流側からミリポアフィルタ（1 枚）、銀網（5 枚 1 組、3 段）、活性炭フィルタ（2 枚）及び活性炭ベット（厚さ 10mm、2 段）の構成である。

大気の捕集は、地上 14.5m の建物の壁面に設けたステンレス鋼管（長さ 108cm、内径 2.5cm）とビニール管（長さ 95cm、内径 0.9cm）を通し、8 l／min（面速 9 cm／s）の流量で 4 回行った。捕集量は、22 から 68 $m^3$ の範囲であった。

捕集用配管への $I_2$ ガスと粒子状ヨウ素の沈着は、メイパックサンプラと配管を通した場合と通さない並列に接続した実験により求めた沈着率から、補正された。

4 回の試行の結果、全濃度は $2.2\times10^{-2}$ から $1.4\times10^{-1}$Bq／$m^3$ であり、性状の割合は、有機ヨウ素の平均が約 70%と支配的であった。また、粒子状ヨウ素割合は約 20%、$I_2$ 割合は約 5%、HOI 等の $I_2$ 以外の無機ヨウ素割合は約 6%であった。

### 3.3.2 測定結果の相互比較

放射性ヨウ素性状の割合について、世界各地で行われた他の測定結果を付表 5.1 を比較して示す。

ドイツにおける測定値は、最大濃度を記録した 4 月 30 日の性状割合は、粒子状ヨウ素が約 40%、$I_2$ が約 35%、有機ヨウ素が約 25%であり、粒子状ヨウ素と $I_2$ が主要であった。同日午後、降雨のため、粒子状ヨウ素と $I_2$ の濃度は大きく減少した。その後、５月６日までの割合は、粒子状ヨウ素が約 22%、元素状ヨウ素が約 26%、有機ヨウ素が約 52%であった。それ以降、５月 11 日までの割合は、粒子状ヨウ素が約 13%、元素状ヨウ素が約 34%、有機ヨウ素が約 53%であった。５月 21 日までの割合は、それぞれ約 10%、約 30%、約 60%となり、有機ヨウ素の割合がわずかに増加した。

スウェーデンにおける測定値は、4 月 30 日から５月 2 日までは 75～80%がガス状ヨウ素であった。フィンランドにおける測定値は、4 月 29 日から５月 13 日まではガス状ヨウ素が 76～90%であったが、その後、降雨によりその割合は 93～94%に増加した。

また、日本の熊取における 5 月 5 日から 6 月 10 日までの測定結果は、70～90%がガス状ヨウ素であり、6 月になり、その割合は 5 月より大きい傾向にあった。一方、筑波における 5 月 5 日から 6 日までの測定結果は、65～70%がガス状ヨウ素であり、その後の 10 日間で粒子状ヨウ素の割合が増加した。同じ東海における他の機関により、粒子状及びガス状ヨウ素の測定が 4 月 30 日から 5 月 31 日までの間毎日行われた。その結果、検出されたのは、5 月 3 日から 5 月 30 日までの期間で、5 月 17 日までは両ヨウ素濃度は高く、また、変動も大きかった。粒子状ヨウ素に対するガス状ヨウ素の比も数倍であったが、それ以降は、濃度も低くなり、その比は 5 月 23 日まで増加の傾向にあった。

チェルノブイル原子炉事故以外では、TMI 原子力発電所２号炉の事故後、原子炉補助建家等の HEPA フィルタの上流側において、性状割合が測定され粒子状ヨウ素が 27%、$I_2$ が 25%、HOI が 18%、$CH_3I$ が 30%であったと報告されている。

また、大気中の安定ヨウ素の性状も測定されており、その結果、粒子状ヨウ素の割合は 0～33%の範囲に、全ガス状ヨウ素に対する有機ヨウ素の割合は 25～35%の範囲に分布していること、および、全ガス状ヨウ素に対する有機ヨウ素の割合は、

内陸地方が海岸地方よりも大きい傾向にあること等が報告されている。

### 3.3.3 放射性ヨウ素の性状変化

発生源のヨウ素の性状は、フィンランドの測定において降雨効果のないヨウ素成分があったことが報告されており、ドイツと同様に有機ヨウ素の存在が推定される。また、ドイツでの測定値は、当初、粒子状ヨウ素と $I_2$ が支配的であることを示し、事故後の大気中には $^{137}Cs$ 等の放射性粒子状物質が検出されているので、放出されたヨウ素には粒子状ヨウ素も含まれていたと考えられる。

次に、性状変化を見ると、スウェーデンとフィンランドにおける測定値は、ドイツにおける降雨前の測定値に比べ粒子状ヨウ素が少なく、ガス状ヨウ素が多かった。この原因は、測定地点が海岸に近く大気エアロゾル濃度が低い等により、$I_2$ の大気エアロゾルへの吸着による粒子状ヨウ素の生成割合が少なかったと考えられる。一方、日本へ到着した放射性プルームは、シベリア上空 2～4km を移動し、日本周辺では地上約 4km の間をほぼ均一に分布したと考えられる。したがって、地表面への沈着は、大きな粒径の粒子状物質を除き少なく、また、地表 2km 以上の大気中はエアロゾル濃度が低いため、$I_2$ の大気エアロゾルへの吸着反応も少なかったと考えられる。しかし、これ以外の有機ヨウ素の太陽光による分解反応や $I_2$ から有機ヨウ素への反応等は移動中に起こった可能性が高い。その後、日本周辺において、プルーム中の $I_2$ ガスは大気エアロゾルへの吸着反応を起こし、ヨーロッパと同様に内陸の方が活発であったため、筑波の粒子状ヨウ素の割合が熊取や東海での値より高かったと推定される。

付表 3.1　放射性ヨウ素の性状に関する測定結果の比較

| | 放射性ヨウ素の性状の割合（%） | | | | 有機ヨウ素／ガス状ヨウ素（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| | 粒子状ヨウ素 | ガス状ヨウ素 | | | |
| | | $I_2$ | HOI | 有機ヨウ素 | |
| 野 口　(5/6/12:20～5/19/9:40) | 8－27(19) | 3－7(5) | 3.4－10(6) | 59－82(70) | 79－93(87) |
| スウェーデン　(4/30～5/2) | 20－25 | | | | |
| フィンランド　(降雨前　4/29～5/13) | 10－24 | | | | |
| フィンランド　(降雨後　5/13～5/16) | 6－7 | | | | |
| ドイツ（降雨前　4/30/10:30～14:30) | 40 | 35 | | 25 | |
| ドイツ（降雨後　4/30/15:00～5/6/9:20) | 22 | 26 | | 52 | |
| ドイツ（降雨後　5/6/9:30～5/11/16:10) | 13 | 34 | | 53 | |
| ドイツ（降雨後　5/11/16:20～5/21/13:00) | 10 | 30 | | 60 | |
| 熊 取　(5/5～6/10) | 10－30 | | | | |
| 筑 波　(5/5～5/16) | 30－35 | | | | |
| 東 海*1　(5/3～5/30) | 14－51 | ( 49 － 86 ) | | | |
| TMI－2 | 2－7 | 25 | 18 | 30 | 41 |

*1 木下　睦；“ソ連チェルノブイル原子力発電所事故に伴う特別環境放射能調査”，PNCT N8420 86－10　(1986)

## 付録 4　緊急時における放射性ヨウ素測定法の適用例

### 4.1　モニタリング目標値

緊急時モニタリングを実施するにあたって、モニタリング地点、捕集条件及び測定方法を選定することが必要である。そのモニタリングの実施における線量の目安を、指針「原子力施設等の防災対策について」の屋内退避及び避難等に関する指標を参考にして、内部被ばくによる等価線量 100～500 mSv のうちの 100 mSv の 1／10、すなわちモニタリング目標値として 10mSv を仮定する。次に、この 10 mSv の等価線量に達する被ばく（吸入）時間と放射能濃度の関係を求め、さらに、サーベイメータを用いた簡易測定によって得られる検出できる下限放射を基に、必要となる空気採取量を算出する。そして、可搬型サンプラの流量を一定とし、必要な捕集時間を算出して、モニタリング条件を決定する。

等価線量の計算方法、線量係数及び呼吸率のデータを付録 5 に示す。

### 4.2　ヨウ素のモニタリング条件

#### 4.2.1　吸入時間とヨウ素濃度の関係

小児（１才児）の甲状腺に係る等価線量を評価するために、放射性ヨウ素はすべて$^{131}$Iと仮定すると必要な$^{131}$I の等価線量係数$K_t$は $3.2\times10^{-3}$mSv／Bq、評価に用いる呼吸率Mは第１段階のモニタリング期間の活動時は $0.31\times10^{6}$ cm$^3$／h、第 2 段階のモニタリング期間は１日平均 $5.16\times10^{6}$ cm$^3$／dである。

第１段階のモニタリング期間における甲状腺の等価線量 10mSv に相当する吸入時間とヨウ素濃度の関係は、下表のとおりであり、例えば、小児が 1 日＝24 時間の吸入による等価線量に達するヨウ素（$^{131}$I）濃度は、$4.2\times10^{-4}$ Bq／cm$^3$である。

| 吸入時間 T (h) | 1 | 10 | 100 |
|---|---|---|---|
| ヨウ素濃度 $\chi$ (Bq／cm$^3$) | $1\times10^{-2}$ | $1\times10^{-3}$ | $1\times10^{-4}$ |

#### 4.2.2　検出下限放射能及び濃度

簡易測定時における検出下限放射能について、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ及び Ge 半導体検出器を用いた場合を比較する。ヨウ素捕集時の可搬型サンプラの一般的な流量を 50 l／min として、捕集材の種類別に捕集時間の相違による検出下限濃度を求め、付表 4.1 にまとめた。

その結果、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータで計数率方式を用いた場合の検出下限濃度は、線量率方式の 1／15～1／40 である。また、相対効率約 25%の Ge 半導体検出器を用いたγ線スペクトロメータによる 10 分間測定時の検出下限放射能は、さらに、約 1／50 になる。

#### 4.2.3　捕集材の種類及び測定法の相関

使用するヨウ素捕集材の種類及び測定法の相関関係を次表に示す。それぞれの選択

肢（A～F）が考えられるが、「緊急時環境放射線モニタリング指針」の解説Hに記載されている測定方法の採取時間5分以内、測定10分以内において、1日（＝24時間）の吸入によりモニタリング目標値である小児の甲状腺等価線量 10mSvに達するヨウ素（$^{131}$I）濃度は$4.2\times10^{-4}$ Bq／cm$^3$である。付表4.1に記載の検出下限濃度を検出できる選択肢は、① 表中のC又はDに該当すNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータで計数率方式を用いる場合、および、②表中のE又はFのGe半導体γ線スペクトロメータを用いる場合に限定されることが判る。

ヨウ素用捕集材及び測定法の分類

| 検出器 | NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ | | | | Ge半導体γ線スペクトロメータ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 線量率方式 | | 計数率方式 | | | |
| 捕集材の種類 | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ |
| 選択肢 | A | B | C | D | E | F |

4.2.4　注意事項

NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータで線量率方式の使用の A 又は B）は、活性炭含浸ろ紙又は活性炭素繊維ろ紙の場合は40分以上、活性炭カートリッジ型は60分以上の捕集をしなければならず、迅速性に難点がある。

また、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータで計数率方式を用いた表中の C の活性炭含浸ろ紙又は活性炭素繊維ろ紙を使用した選択肢の場合は、モニタリング目標値の評価は可能であるが、活性炭含浸ろ紙の有機ヨウ素に対する捕集効率が低いため、ヨウ素の性状により選択肢を考慮する必要がある。

4.2.5　ヨウ素濃度と小児甲状腺等価線量の関係

大気中ヨウ素濃度が低く、かつ、長時間の被ばくによりモニタリング目標値に達することが予想される場合がある。ここに、被ばく（吸入）時間Tを第1段階のモニタリング期間（1～72時間）と第2段階のモニタリングを含む期間（1～240時間）内のある時間を仮定して、ヨウ素濃度と小児甲状腺等価線量の関係を付図4.1及び付図4.2に示した。

第2段階のモニタリング期間内における5日間において甲状腺等価線量の被ばくを仮定すると、ヨウ素濃度は約 $1.2\times10^{-4}$Bq／cm$^3$であり、サーベイメータを用いる簡易測定では検出が不可能となるが、この場合、スクリーニングの結果により、試料は、Ge半導体γ線スペクトロメータ等による測定に委ねることになる。

付表 4.1　捕集及び測定条件による検出下限放射能及び濃度

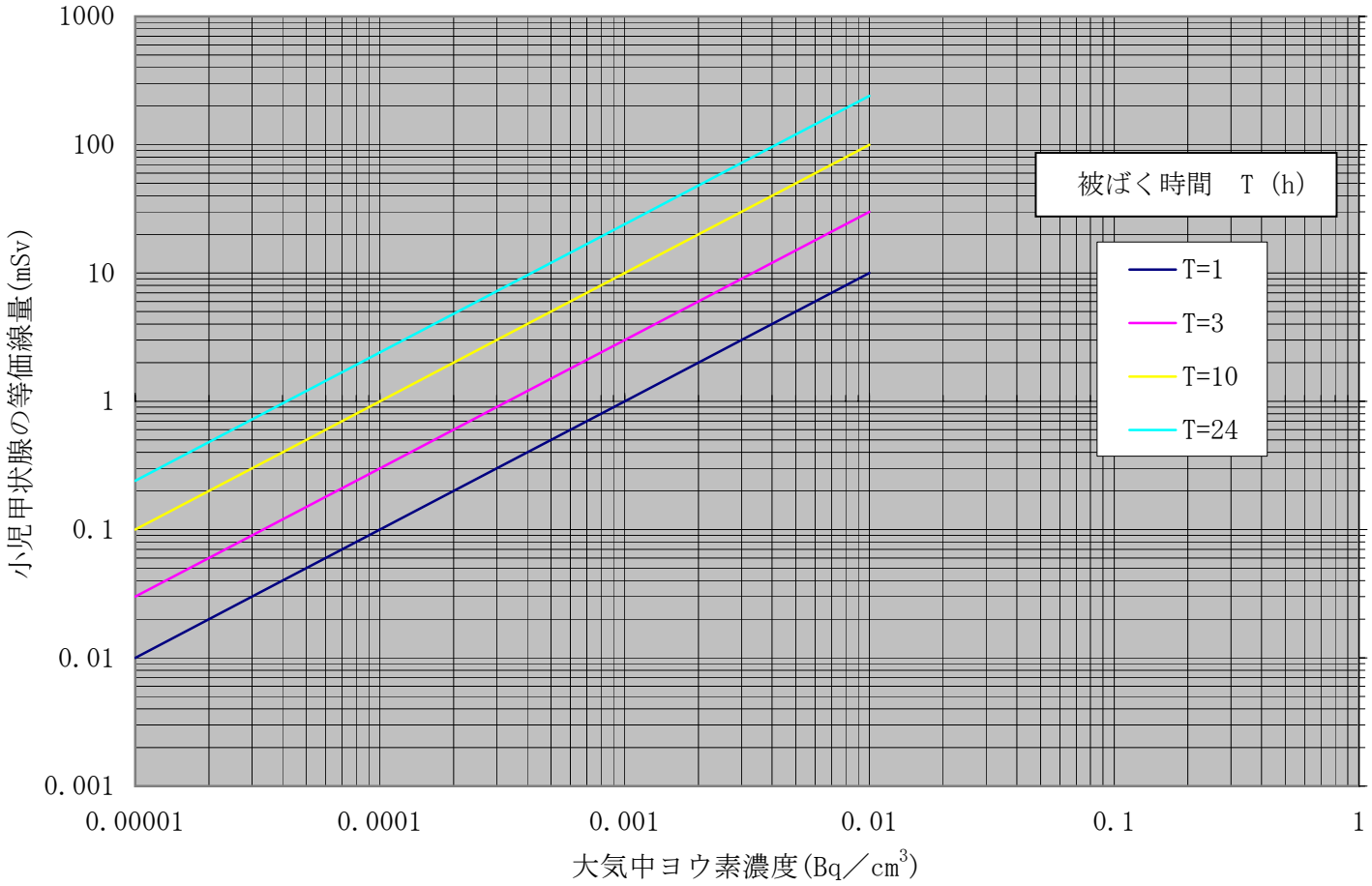
| 検出器 | | | サーベイメータ | | | | | Ge 半導体γ線スペクトロメータ*2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | NaI(Tl)シンチレーション式 | | | | GM 計数管式*1 | | |
| | | | 線量率方式 | | 計数率方式 | | | | |
| 捕集材の種類 | | | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ | 活性炭カートリッジ | 活性炭含浸ろ紙、活性炭素繊維ろ紙 | 活性炭カートリッジ |
| 検出下限放射能（Bq） | | | 660 ～1,300 | 1,200 ～3,100 | 44 | 74 | 1,300 | 0.8 | 1.3 |
| 検出下限濃度（Bq／cm³） | *3 5 | *4 $2.5\times10^{5}$ | $2.6\times10^{-3}$ ～$5.2\times10^{-3}$ | $4.8\times10^{-3}$ ～$1.2\times10^{-2}$ | $1.8\times10^{-4}$ | $3.0\times10^{-4}$ | $5.2\times10^{-4}$ | $3.2\times10^{-6}$ | $5.2\times10^{-6}$ |
| | 40 | $2.0\times10^{6}$ | $3.3\times10^{-4}$ ～$6.5\times10^{-4}$ | － | － | － | － | － | － |
| | 60 | $3.0\times10^{6}$ | － | $4.0\times10^{-4}$ ～$1.0\times10^{-3}$ | － | － | － | － | － |

*1　放射能測定法シリーズ 15　表１より引用

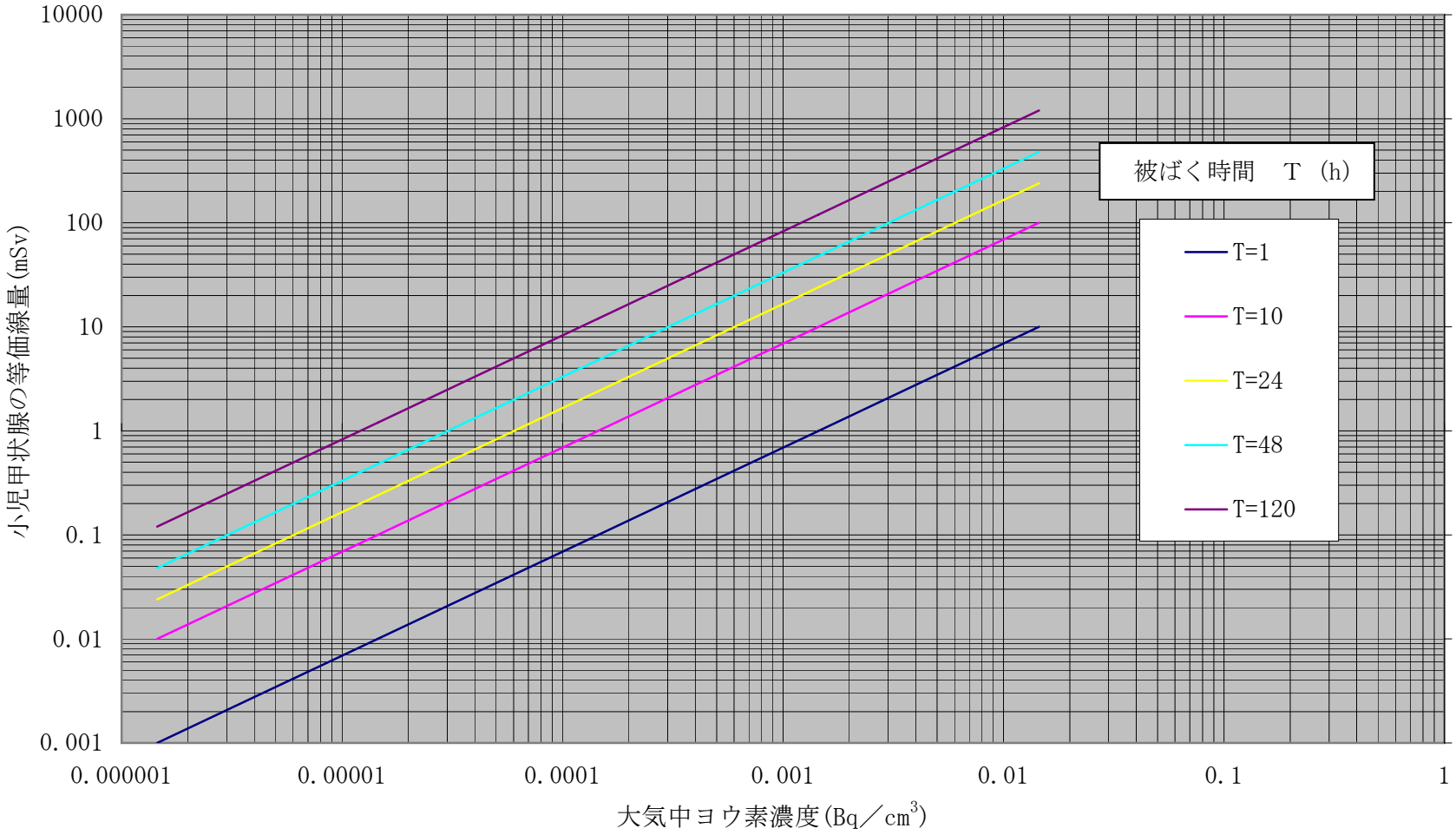
*2　相対効率 25%の検出器を用い、10 分間の測定値

*3　捕集時間（min）

*4　総流量（cm³）




付図4．1　ヨウ素濃度と小児甲状腺の等価線量の関係（呼吸率：0.31 $m^3$／h）




付図4.2　ヨウ素濃度と小児甲状腺の等価線量の関係（呼吸率：5.16 $m^3$／h）

# 付録 5　　等価線量の計算方法

## 5.1　等価線量の計算方法

(1)　放射性物質の吸入摂取による内部被ばく線量は、次式より求める。

$$H = \Sigma_i ( K_i \times \chi_i \times M \times T )$$

ここで、H　：　組織の等価線量（mSv）

$K_i$　：　線量係数（mSv／Bq）

$\chi_i$　：　放射性物質の大気中濃度（Bq／$cm^3$）

M　：　呼吸率（$cm^3$／h）

T　：　吸入期間（h）

$K_i$及びMについては、付表 5.1、付表 5.2、付表 5.3 に示すパラメータを用いる。また、添字iは、ヨウ素、ウラン、プルトニウムの各同位体比等を示す。これらの同位体比等は、種々の条件により異なるため、それを考慮したパラメータを参考資料－(2)の付表 5.4、付表 5.5(1)、(2)に示す。

(2)　内部被ばくの等価線量の評価は、ヨウ素については小児（１才児）の甲状腺、ウラン、プルトニウムについては成人の肺又は骨を対象とする。

参考資料－(2)によると、ウランの場合、存在比が天然又は 3.5%濃縮でも肺に対する総和線量係数が高く $6.8\times10^{-2}$ mSv／Bqである。プルトニウムは、使用済燃料 10 年後の方が骨に対する総和線量係数が高く $2.1\times10^{-1}$mSv／Bqである。

(3)　$^{131}$Iによる小児の甲状腺の等価線量の算定式は、次のとおりである。

呼吸率は、第１段階のモニタリング時には小児の活動時 $0.31\times10^6$ $cm^3$／h、第 2 段階のモニタリング時には１日平均値 $5.16\times10^6$ $cm^3$／dを用いる。

第 1 段階のモニタリング時

$$H = 992 \times \chi_i \times T \quad (mSv)$$

第 2 段階のモニタリング時

$$H = 688 \times \chi_i \times T \quad (mSv)$$

付表 5.1　ヨウ素の吸入摂取による線量係数*1　(mSv／Bq)

| 核　種 | 実効線量係数 | 甲状腺の等価線量に係る線量係数　$K_{i(t)}$ |
|---|---|---|
| I－131 | $1.6\times10^{-4}$ | $3.2\times10^{-3}$ |
| I－132 | $2.3\times10^{-6}$ | $3.8\times10^{-5}$ |
| I－133 | $4.1\times10^{-5}$ | $8.0\times10^{-4}$ |
| I－134 | $6.9\times10^{-7}$ | $7.3\times10^{-6}$ |
| I－135 | $8.5\times10^{-6}$ | $1.6\times10^{-4}$ |

付表 5.2　ウラン、プルトニウム等の吸入摂取による線量係数*1 (mSv／Bq)

| 核　　種 | 実効線量係数 | 肺の等価線量に係る線量係数　$K_{i(l)}$ | 骨の等価線量に係る線量係数　$K_{i(b)}$ |
|---|---|---|---|
| U－234 | $9.4\times10^{-3}$ | $7.8\times10^{-2}$ | $2.7\times10^{-2}$ |
| U－235 | $8.5\times10^{-3}$ | $7.7\times10^{-2}$ | $2.5\times10^{-2}$ |
| U－238 | $8.0\times10^{-3}$ | $6.7\times10^{-2}$ | $2.4\times10^{-2}$ |
| Pu－238 | $1.1\times10^{-1}$ | $9.3\times10^{-2}$ | $3.6\times10^{0}$ |
| Pu－239 | $1.2\times10^{-1}$ | $9.6\times10^{-2}$ | $4.0\times10^{0}$ |
| Pu－240 | $1.2\times10^{-1}$ | $9.6\times10^{-2}$ | $4.0\times10^{0}$ |
| Pu－241 | $2.3\times10^{-2}$ | $4.6\times10^{-4}$ | $7.9\times10^{-2}$ |
| Pu－242 | $1.1\times10^{-1}$ | $8.9\times10^{-2}$ | $3.8\times10^{0}$ |
| Am－241 | $9.6\times10^{-2}$ | $1.1\times10^{-1}$ | $4.4\times10^{0}$ |

付表 5.3　呼吸率*1

| 評価対象 | 活動時 ($cm^3$／h) | 1 日平均 ($cm^3$／d) |
|---|---|---|
| 小　　児 | $0.31\times10^{6}$ | $5.16\times10^{6}$ |
| 成　　人 | $1.2\times10^{6}$ | $22.2\times10^{6}$ |

*1　ICRP　Pub.71

参考資料－(1) ： ICRP Pub.71 は、放射性ヨウ素の形態を元素状、ヨウ化メチル及び粒子状エアロゾルに分類している。吸入されたヨウ素の沈着とそれに続く体内動態について、一部を要約すると、元素状ヨウ素は吸入後、全てが残留し、タイプＦクリアランスのクラス SR－１（100%沈着）である。

元素状ヨウ化メチルの残留量は、50～90%まで変化し（平均 70%）、血液への吸収は非常に早く、急速な新陳代謝を示し、タイプＶクリアランスのクラス SR－１（70%沈着）である。粒子状エアロゾルは、急速に血液に吸収されタイプＦである。

参考資料－(2) ： ウラン及びプルトニウムの存在比*1

(1) 同位対比を考慮した総和線量係数 $\Sigma(R_i \cdot K_i)$

付表 5.4 ウラン*2

| 核　種 | 存 在 比 $R_{i(u)}$ | 肺 | 骨 |
|---|---|---|---|
| | | $R_{i(u)} \cdot K_{i(l)}$ | $R_{i(u)} \cdot K_{i(b)}$ |
| U－234 | $5.5\times10^{-5}$ | $4.3\times10^{-6}$ | $1.5\times10^{-6}$ |
| U－235 | $7.2\times10^{-3}$ | $5.5\times10^{-2}$ | $1.8\times10^{-2}$ |
| U－238 | 0.9927 | $6.7\times10^{-2}$ | $2.4\times10^{-2}$ |
| | | $\Sigma=6.8\times10^{-2}$ | $\Sigma=2.4\times10^{-2}$ |

付表 5.5(1) プルトニウム

| 核　種 | 肺 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 使用１年後 | | 使用 10 年後 | |
| | 存在比 $R_{i(p:1)}$ | 総和線量係数 $R_{i(p:1)} \cdot K_{i(l)}$ | 存在比 $R_{i(p:10)}$ | 総和線量係数 $R \cdot K_{i(l)}$ |
| Pu－238 | $1.8\times10^{-2}$ | $1.7\times10^{-4}$ | $2.3\times10^{-2}$ | $2.1\times10^{-4}$ |
| Pu－239 | $2.4\times10^{-3}$ | $2.3\times10^{-5}$ | $3.6\times10^{-3}$ | $3.5\times10^{-5}$ |
| Pu－240 | $4.2\times10^{-3}$ | $4.0\times10^{-5}$ | $6.3\times10^{-3}$ | $6.0\times10^{-5}$ |
| Pu－241 | 0.972 | $4.5\times10^{-4}$ | 0.947 | $4.4\times10^{-4}$ |
| Pu－242 | $1.5\times10^{-5}$ | $1.3\times10^{-7}$ | $2.3\times10^{-5}$ | $2.2\times10^{-7}$ |
| Am－241 | $2.5\times10^{-3}$ | $2.8\times10^{-4}$ | $2.1\times10^{-2}$ | $2.3\times10^{-3}$ |
| | | $\Sigma=9.4\times10^{-4}$ | | $\Sigma=3.0\times10^{-3}$ |

*1 日本原燃（株）；“再処理事業所　再処理事業指定申請書”，平成 14 年４月

*2 ウランの　総和線量係数は、肺が骨を上回っていた。

また、濃縮ウランの場合、U－235　3.5%においても、$\Sigma(R \cdot K)=6.8\times10^{-2}$を超えることはない。

付表 5.5(2)　プルトニウム[*3]

| 核　　種 | 骨 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 使用 1 年後 | | 使用 10 年後 | |
| | 存在比 $R_{i(p:1)}$ | 総和線量係数 $R_{i(p:1)}\cdot K_{i(b)}$ | 存在比 $R_{i(p:10)}$ | 総和線量係数 $R_{p(10)}\cdot K_{i(b)}$ |
| Pu－238 | $1.8\times10^{-2}$ | $7.2\times10^{-2}$ | $2.3\times10^{-2}$ | $1.9\times10^{-3}$ |
| Pu－239 | $2.4\times10^{-3}$ | $9.6\times10^{-3}$ | $3.6\times10^{-3}$ | $1.4\times10^{-2}$ |
| Pu－240 | $4.2\times10^{-3}$ | $3.3\times10^{-4}$ | $6.3\times10^{-3}$ | $2.5\times10^{-2}$ |
| Pu－241 | 0.972 | $7.7\times10^{-2}$ | 0.947 | $7.9\times10^{-2}$ |
| Pu－242 | $1.5\times10^{-5}$ | $5.7\times10^{-5}$ | $2.3\times10^{-5}$ | $8.7\times10^{-5}$ |
| Am－241 | $2.5\times10^{-3}$ | $1.1\times10^{-2}$ | $2.1\times10^{-2}$ | $9.2\times10^{-2}$ |
| | | $\Sigma=1.7\times10^{-1}$ | | $\Sigma=2.1\times10^{-1}$ |

[*3] プルトニウムの総和線量係数は、使用済燃料の経過年数 1 年後及び 10 年後いずれも骨の方が肺より高く、また、使用済燃料の経過年数による依存性は、10 年後の係数が上回っている。

## 付録 6　　参考文献


(1)　JIS Z 4316(1995)「放射性ダストモニタ」

(2)　JIS Z 4336(1995)「放射性ヨウ素サンプラ」

(3)　JIS Z 4601(1997)「放射性ダストサンプラ」

(4)　放医研環境セミナーシリーズ　No.15；“生活環境におけるラドン濃度とそのリスク”(NIRS－M－73), 79　(1989)

(5)　橋本哲夫、久保田知明；“時間間隔解析法を用いた玉川温泉水中のトリウム系列核種の絶対測定”, Radioisotopes, 38, 415　(1989)

(6)　T. Hashimoto and Y. Sasaki；J. Radioanal. Nucl. Chem., 138, 195, (1990)

(7)　T. Hashimoto, Y. Uezu, F. Ishizuka, H. Washino；J. Radioanal. Nucl. Chem., 173, 87, (1993)

(8)　T. Hashimoto, F. Ishizuka, Y. Yoneyama, N. Fukuyama；J. Radioanal. Nucl. Chem., 197, 99, (1995)

(9)　T. Hashimoto, K. Sato, Y. Yoneyama, N. Fukuyama；J. Radioanal. Nucl. Chem., 222, 109, (1997)

(10)　T. Hashimoto, Y. Yoneyama, K. Sato, Y. Komatsu；J. Radioanal. Nucl. Chem., 239, 619, (1999)

(11)　T. Hashimoto, Y. Komastu, D. G. Hong, Y. Uezu；Radiat. Meas, 33, 95, (2001)

(12)　Glenn F. Knoll；Radiation Detection and Measurement, John Wiley and Sons, Inc. New York, (2000)

(13)　成富満夫；“第７回放医研環境セミナー報文集”, p.46, NIRS-M-35　(1979)

(14)　P. G. Voilleque；EPRI　NP－1269　(1979)

(15)　W. A. Haller and R. W. Perkins；Health Phys, 13, 733　(1967)

(16)　R. W. Perkins；Health Phys, 9, 1113　(1963) (18)

(17)　E. Tachikawa and M. Naritomi；J. Nucl.Sci. Technol, 8, 371　(1971)

(18)　M. Rogovin and G. T. Frampton Jr.；NUREG/CR－1250, Vol.2, Part2, 359　(1981)

(19)　H. Matsui, H. Noguchi and Y. Yoshida；“Production of Elemental Iodine from Radioactive Methyl Iodine under Sunlight”, J. Nucl. Sci. Technol, 16, 527 (1979)

(20)　野口　宏，松井　浩，吉田芳和；“放射性ヨウ化メチルの光分解と元素状ヨウ素および他のヨウ素種の生成”, 原子力学会誌, 24, 381　(1982)

(21)　野口　宏，松井　浩，村田幹生；. “放射性ヨウ化メチルの空気中における光吸収スペクトル”, 原子力学会誌, 25, 658　(1983)

(22)　野口　宏，松井　浩；“原子力施設から大気中へ放出されたヨウ化メチルの水分解速度の評価”, 保健物理, 20, 109　(1985)

(23)　村田幹生，野口　宏，加藤正平，国分守信；“線香エアロゾルを用いた放射性元素状ヨウ素ガスの吸着特性の研究”,　保健物理, 22, 21　(1987)

(24) 野口　宏，村田幹生，鈴木克己；“放射性元素状ヨウ素ガスのフライアッシュエアロゾルに対する吸着特性”，保健物理，23，19 (1988)
(25) 野口　宏，村田幹生，鈴木克己；“大気エアロゾルに対する放射性元素状ヨウ素ガスの吸着特性”，保健物理，25，209 (1990)
(26) USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy；“The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences. Part Ⅱ. Annex 4”，p.20，Information compiled for the IAEA Experts' Meeting，25－29 August 1986，Vienna(1986)
(27) H. Noguchi and M. Nurata；“Physicochemical Speciation of Airbone $^{131}$I in Japan from Chernobyl”，J. Environ. Radioactivity，7，65 (1988)
(28) I. Winkelwann，et al.；ISH－HEFT 116 (1987)
(29) L.Devell，et al.；Nature，321，192 (1986)
(30) Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety，NBC Defence Office of the General Headquarters & Rescue Department of the Ministry of the Interior；STUKBVALO 45 (1986)
(31) T. Imanaka and H. Koide；J. Environ. Radioactivity，4，149 (1986)
(32) M. Aoyama，K. Hirose，Y. Suzuki，Y. Inoue and Y. Sugiura；Nature，321，819 (1986)
(33) 原子力安全委員会；“発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針”，平成13年3月一部改訂
(34) 原子力安全委員会；“緊急時環境放射線モニタリング指針”，平成13年3月一部改訂

○専門家会合

本資料は、下記の専門家会合に諮問して作成した。

・第１回　放射能測定法マニュアル等専門家会合
　　平成 15 年 6 月 2 日　文部科学省別館第 1 会議室
・第２回　放射能測定法マニュアル等専門家会合
　　平成 15 年 7 月 7 日　文部科学省別館第 3 会議室

（回数は会合設置からの通算回数）

（専門委員）

| | |
|---|---|
| 石黒　秀治 | (財)原子力研究バックエンド推進センター |
| 池沢　芳夫 | (財)放射線計測協会 |
| 江角　周一 | 島根県保健環境科学研究所 |
| 木内　伸幸 | 日本原子力研究所 |
| 佐藤　兼章 | (財)日本分析センター |
| 高山　裕美 | 福井県原子力環境監視センター |
| 武石　　稔 | 核燃料サイクル開発機構 |
| 山本　政儀 | 金沢大学自然計測応用研究センター |
| 渡辺　　均 | 核燃料サイクル開発機構 |

○協力者

本資料に関する調査検討及び原案の作成には、専門委員の他、下記の方々のご協力を得た。

| | |
|---|---|
| 池沢　芳夫 | （財）放射線計測協会 |
| 泉　　幸男 | （財）放射線計測協会 |
| 伊藤　　登 | 福井県原子力環境監視センター |
| 大高　敏裕 | 新潟県放射線監視センター |
| 木内　伸幸 | 日本原子力研究所 |
| 武石　　稔 | 核燃料サイクル開発機構 |
| 沼宮内弼雄 | （財）放射線計測協会 |
| 濱田　達二 | （社）日本アイソトープ協会 |
| 山川　英昭 | 日本原子力発電（株） |
| 山本　克宗 | （財）放射線計測協会 |

（敬称略・五十音順）

大気中放射性物質のモニタリングに関する技術参考資料

平成１５年　７月　　制定
平成１５年１１月１０日　第１刷　発行

発　行　所
財団法人　日　本　分　析　セ　ン　タ　ー
〒263-0002　千葉県千葉市稲毛区山王町　295-3
電　　話　（043）423-5325（代表）
（043）424-8663（直通）
Ｆ　Ａ　Ｘ　（043）423-4071