

1. 調査の目的及び内容

1.1 調査目的

環境省では離島等の遠隔地を含む40ヶ所に国設酸性雨測定所を設置し、大気中の酸性物質濃度等の監視測定を実施している。このネットワークを活用して、放射性降下物等による環境への影響を把握するため、遠隔地を含めた12ヶ所の測定所において、 γ 線等の監視測定、オンラインによるデータ収集及び大気浮遊じん、土壌等の核種分析を行った。

本調査は、今後、原子力事故等の際に汚染の程度を把握するための基礎資料を得ることを目的として、これまでにオンラインで収集した γ 線等の測定データについて、試験的にデータの解析・整理を行った。なお、業務の実施にあたっては、学識経験者等から構成される検討会を設け、その意見を参考にしつつ行った。

1.2 調査内容

本環境放射線等モニタリングデータ解析調査においては、12カ所の測定所のうち3測定所（竜飛岬、隱岐、辺戸岬）において、平成13年4月から12月までに得られた空間 γ 線連続モニタ及び α 線・ β 線用放射性ダストモニタの測定結果を試験的に整理・解析するとともに、学識経験者からなる「環境放射線等モニタリングデータ評価検討会」において通常の測定モードから緊急時対応の測定モードに切り替えを行うべき放射線のレベルの検討及び仮設定を行った。

1.3 環境放射性物質監視システム

1.3.1 環境放射性物質監視システムの概要

環境省は、空間 γ 線連続モニタ等を設置した12カ所の測定所及びこれらを管理する各々の自治体並びに環境省に設置した端末装置を電話回線で接続することにより、環境の放射線等の変動を常時監視するとともに各測定所で得られた測定データを送信・保存するシステム（「環境放射性物質監視システム」といい、以下、「監視システム」と略す）を整備・運用している。

監視システムによる空間 γ 線連続モニタ等の設置測定所及び同システムのネットワーク構成を図1に示す¹⁾。測定所、自治体、環境省にそれぞれ端末が設置されている。環境省には本システムのデータを収録するデータベースが設置されている。

環境放射性物質監視システムにおける12測定所、自治体、環境省の役割及び設置している端末の機能を以下に示す。

- ① 12測定所
 - ・空間 γ 線連続モニタと α 線・ β 線用放射性ダストモニタにより環境の放射線を自動測定し、測定データを付属の端末に蓄積する。
 - ・測定所を管理する自治体の端末にデータを自動送信する。（1日1回）
- ② 自治体
 - ・測定所から送信されたデータに基づき監視を行う。
 - ・測定データを環境省の端末に自動転送する。（1日1回）
 - ・測定所に設置してある放射性物質監視装置の保守・維持を行う。（チャート紙やろ紙の交換など）

- ③環境省
- ・自治体から転送されたデータに基づき監視を行う。
 - ・転送されたデータをデータベースに自動的に蓄積する。
 - ・必要が生じた場合には測定所の測定装置に測定間隔等の変更を行う。

次に、12測定所において得られる測定データを表1に示す。

1.3.2 測定データの収集

環境放射性物質監視システムでは、以下のとおり放射線の測定データを収集している。データは1日1回まとめて自治体及び環境省の端末に送信される。

(1) 空間γ線連続モニタ

連続測定した空間γ線線量率の1時間ごとの平均値(nGy/h)を測定データとする。1測定所で1日あたり24個の測定データが収集される。

(2) α線・β線用放射性ダストモニタ

10分ごとに、連続測定した放射能濃度(積算放射能値を積算流量で除したもの、Bq/cm³)を測定データとする。1測定所で1日あたり次のとおりの測定データが収集される。

①全α放射能	集塵中測定	144個
	2ステップ後測定	144個
②全β放射能	集塵中測定	144個
	2ステップ後測定	144個

ろ紙のステップ送りの間隔は6時間である。

1.3.3 測定データの収集間隔等の変更

必要が生じた場合、測定データの収集間隔やデータの送信間隔を変更することが可能である。

空間γ線連続モニタでは、データ収集間隔を1時間から2分に変更できる。

ダストモニタでは、データ収集期間には変更はないが、ろ紙のステップ送りの間隔を6時間から1時間に変更できる。

各測定器から得られた測定データは、1時間に1回、自治体及び環境省に送信することが可能である。

1.4 放射線測定装置

1.4.1 空間γ線連続モニタ

空間γ線連続モニタは、環境のγ線を連続的に測定することにより、モニタ設置場所周辺のγ線線量率の変動を検知する装置である。

γ線は、放射線を受けると蛍光を発する現象を利用したNaI(Tl)シンチレーション検出器により検出される。放射線を受けると蛍光を発する物質をシンチレータと呼ぶ。

図2にNaI(Tl)シンチレーション検出器の構造²⁾を、表2に空間γ線連続モニタの仕様を示す。図3にその全体系統図³⁾を示す。

本モニタの検出部では、 γ 線を検出し電気信号（出力パルス）に変換する。検出部からの出力パルスは、増幅器で増幅され、マルチチャンネル波高分析器（MCA）を経由後、シングルチャンネル波高分析器または線量率演算回路に入力される。ここで、前者は計数率（単位時間当たりの計数:cph）に、後者は γ 線線量率（単位時間当たりの線量:nGy/h）に変換され、それぞれ記録計に連続的に記録される。

本モニタの線量率演算回路では、検出部からの出力パルスを $G(E)$ 関数荷重演算方式により γ 線線量率に変換する。ここで、線量率を D 、 γ 線の波高分布 (cpm/keV) を $P(E)$ とすると、線量率 D はスペクトラー線量変換演算子 $G(E)$ を介して、以下の計算式で求められる。 $G(E)$ 関数荷重演算方式では、検出器からの出力パルスが入るごとにその γ 線エネルギーに相当する $G(E)$ 関数值を荷重積算して、線量率を算出する⁴⁾。

なお、 E_{\min} 、 E_{\max} はそれぞれ線量率算出対象エネルギー範囲の下限値及び上限値であり、本モニタでは $E_{\min}=50\text{keV}$ 、 $E_{\max}=3\text{MeV}$ と設定されている。

$$D = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} P(E) \cdot G(E) dE = \sum_{I=I_{\min}}^{I=I_{\max}} P(I) \cdot G(I)$$

ここで、

D ; 線量率 (nGy/h)

$P(E)$; 波高分布 (cpm/keV)

$P(I)$; マルチチャンネル波高分析器で測定した波高分布 (cpm/チャンネル)

E ; γ 線エネルギー (keV)

I ; チャンネル番号

E_{\min} ; 測定下限 γ 線エネルギー (keV)

E_{\max} ; 測定上限 γ 線エネルギー (keV)

I_{\min} ; E_{\min} に対応するチャンネル番号

I_{\max} ; E_{\max} に対応するチャンネル番号

1.4.2 α 線・ β 線用放射性ダストモニタ

α 線・ β 線用放射性ダストモニタ（以下、「ダストモニタ」という）は、空気中に浮遊するダスト（以下「大気浮遊じん」という）をろ紙上に採取し、ろ紙に吸着された放射性物質から放出される α 線及び β 線を連続的に測定することにより、モニタ設置場所周辺の空気中の放射性物質の変動を検知する装置である。

本ダストモニタは、空気中に存在する放射性物質をろ紙上に集塵・濃縮して測定するため、周辺大気及び周辺土壤中に分散している放射性物質から放出される γ 線を測定する空間 γ 線連続モニタと比較して、高い感度で大気中の放射性物質の変動を検知することが可能である。

本ダストモニタによる集塵方法は、移動ろ紙式であり、設定した時間（6時間）ごとにろ紙がステップ送りされる。放射線検出器は、大気浮遊じんを吸引・吸着させながら α 線及び β 線を測定する（以下、「集塵中測定」という）集塵中検出器系と集塵・測定終了後、ステップ送りされ一定時間（6時間）経過後、再度ステップ

送りされたろ紙面を測定する（合計2回ステップ送りされるので、以下、「2ステップ後測定」という）2ステップ後検出器系の2系統の測定系を装備している。図4に、ろ紙ステップ送り機構と検出器の関係を示す²⁾。

本ダストモニタでは、 α 線検出用としてZnS(Ag)シンチレータを、 β 線検出用としてプラスチックシンチレータを用いており、これら二種類のシンチレータを重ね合わせ、同一の光電子増倍管で電気信号に変換する。 α 線と β 線の検出時における波高の立ち上がり時間が大きく異なることを利用して両者を分離し、 α 線及び β 線に対応する波高として出力する。

図5に α 線・ β 線検出器の構造²⁾を、表3にダストモニタの仕様を示す³⁾。図6にダストモニタの全体系統図を、図7にダストモニタの測定例を示す。

吸引ポンプでろ紙に集塵されたダスト中の放射性物質から放出された α 線及び β 線は検出器で検出後、電気信号（出力パルス）に変換され、積算計（スケーラ）で一定時間（6時間）計数される。その後、計測演算回路において、以下の計算式により積算値及び大気吸引量等から、放射能濃度に演算され、記録計で全 α 放射能濃度（Bq/cm³）及び全 β 放射能濃度（Bq/cm³）として連続的に記録される²⁾。

$$C = n/E\eta'V$$

ここで、

- | | |
|---------|------------------------------|
| C | : 放射能濃度(Bq/cm ³) |
| n | : 正味計数率(counts/sec) |
| E | : 計数効率 |
| η' | : ろ紙の捕集効率 |
| V | : 大気吸引量(cm ³) |

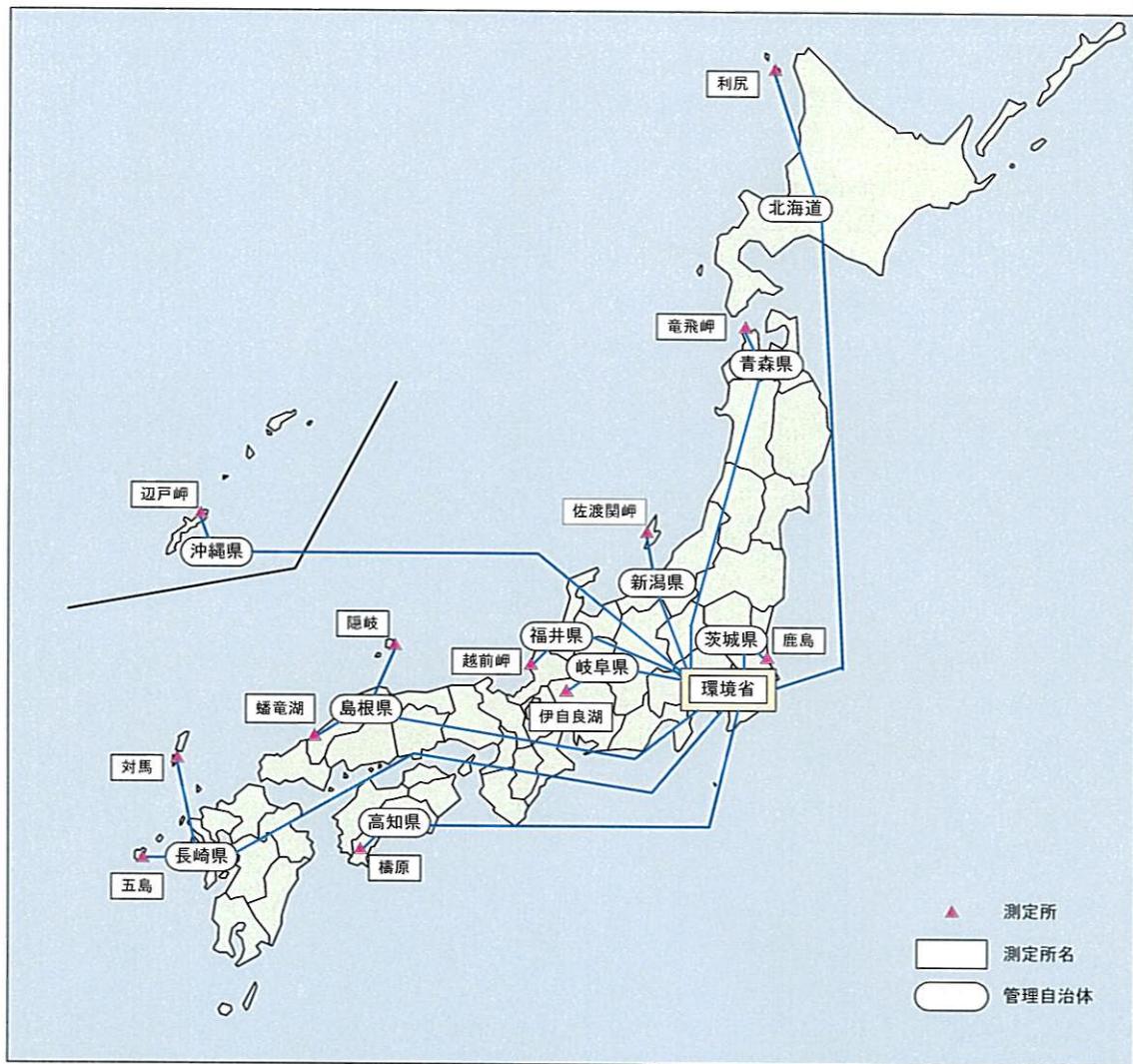


図1 環境放射性物質監視システムにおける測定所及びネットワーク構成

表 1 環境放射性物質監視システムの測定所における測定項目（平成13年度）

都道府県	測定所	空間γ線	全α 全β	NO _x	SO ₂	O ₃	粒子状物質		風向 風速	雨量	温湿度	日射
							PM2.5	PM10				
北海道	利尻	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
青森県	龍飛岬	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
茨城県	鹿島	○	○						○	○	○	
新潟県	佐渡関岬	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
福井県	越前岬	○	○						○	○	○	
岐阜県	伊自良湖	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
島根県	隱岐	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
	蟠龍湖	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
高知県	檮原	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
長崎県	対馬	○	○			○			○			
	五島	○	○						○	○		
沖縄県	辺戸岬	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(注1) 空間γ線と全α・全βは、環境放射性物質監視システム上でオンライン収集しているデータ

(注2) その他は、酸性雨調査目的で測定しているデータ

(このうち、雨量及び風向・風速データについては、平成14年度に環境放射性物質監視システム上でオンライン収集する予定)

空欄は測定されていないことを示す

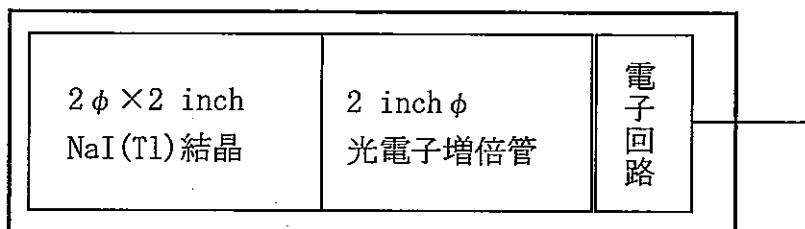


図2 NaI(Tl)シンチレーション検出器の構造

表2 空間 γ 線連続モニタの仕様

項目	仕様
型式	アロカ MAR-R17-20011
検出器	2φ × 2 inch NaI(Tl)シンチレーション検出器
エネルギー補償方式	G(E)関数荷重演算方式
測定対象 γ 線エネルギー	50 keV～3 MeV
線量率範囲	BG～10 μ Gy/h
線量率の指示精度	国家基準とのトレーサビリティが得られた標準放射線源の空気吸収線量率（換算値）に対して±10 %以内
温度特性	外気温度-10～+35°Cの温度変化に対する線量率の変動は20 °Cにおける指示値に対して±3 %以内
エネルギー特性	661.6keV の指示値を1としたときの各エネルギーに対する応答は以下のとおり 60 以上 100 keV 未満 : 0.8～1.2 100 以上 400 keV 未満 : 0.9～1.1 400 以上 3000 keV 未満 : 0.9～1.1
適合規格	JIS-Z-4325 「環境 γ 線連続モニタ」

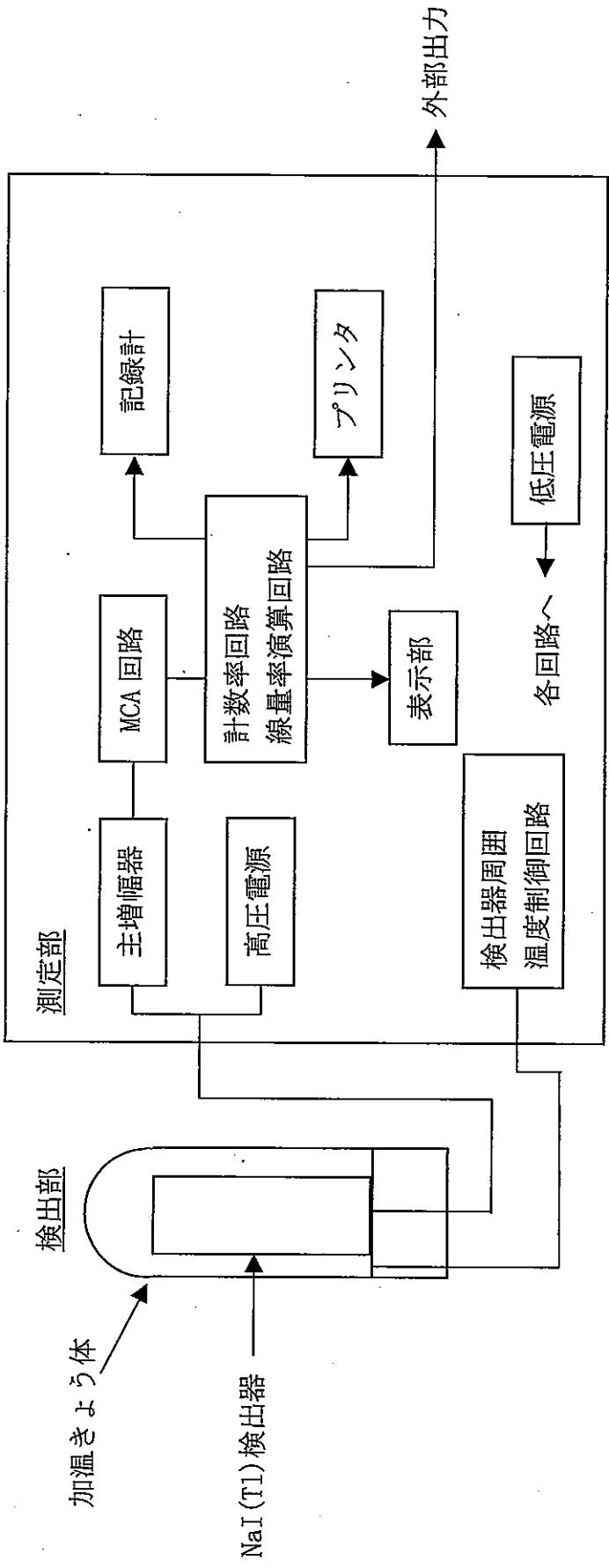


図3 空間γ線連続モニタ全体系統図

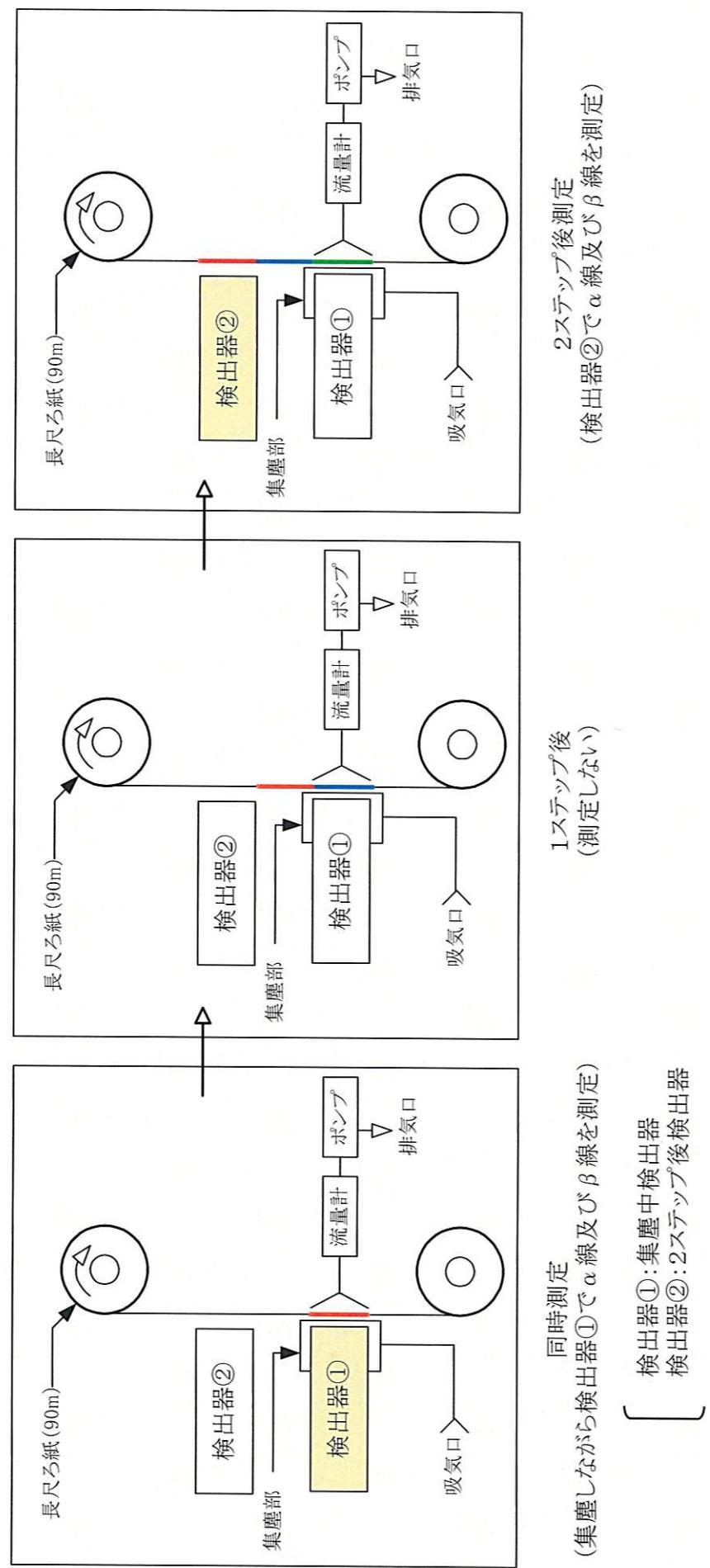


図4 α 線・ β 線用放射性ダストモニタにおけるろ紙ステップ送り機構と検出器の関係

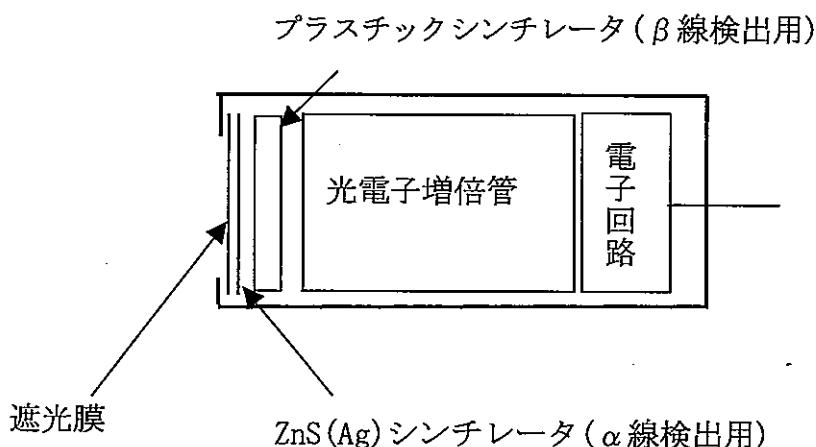


図5 α線・β線検出器の構造

表3 α線・β線用放射性ダストモニタの仕様

項目	仕様
型式	アロカ MDR-R17-20011
検出器	(ZnS(Ag) + プラスチックシンチレーション検出器) × 2
検出器有効面積	50 mm φ
検出器遮蔽	集塵中検出器 : 鉛 1.5 cm 2ステップ後検出器 : 鉛 3 cm
集塵方式	平面集塵
集塵面積	50 mm φ
使用ろ紙	ADVANTEC HE-40T 長尺ろ紙 90m巻き
集塵時間	1~24 時間 (1 時間ごとに設定可能)
最高検出感度	測定時間 : 10 分、平均流量 : 100 L/min、集塵時間 : 6 時間、集塵効率 : 99 %、α線バックグラウンド : 1 cpm、β線バックグラウンド : 75 cpm、α線計数効率 : 10 %、β線計数効率 : 30 %とした場合 α線 : 1×10^{-8} Bq/cm ³ β線 : 1×10^{-7} Bq/cm ³

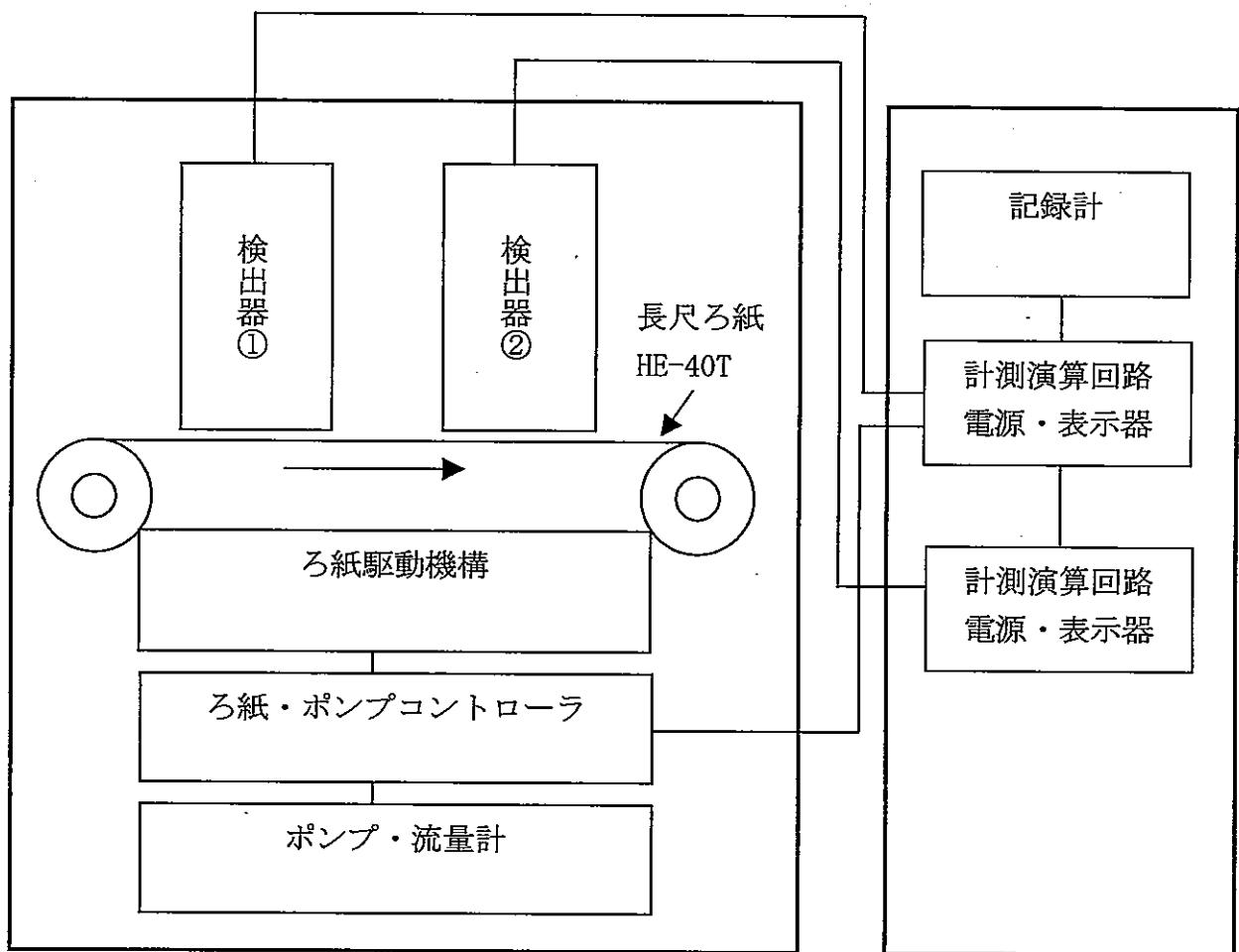


図6 α線・β線用放射性ダストモニタ全体系統図

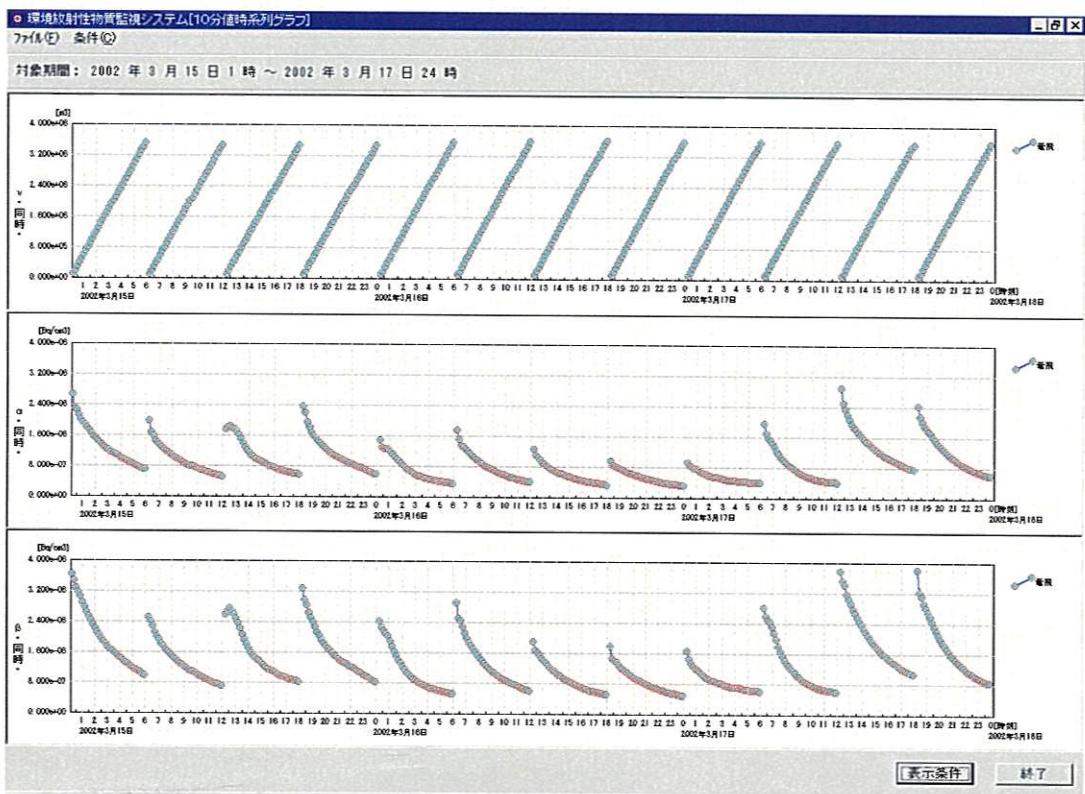


図7 α 線・ β 線用放射性ダストモニタによる測定例
 (竜飛岬測定所、2002年3月15日～3月17日)