



2. 作業環境の監視に係わる技術小論

(3) α 放射能管理技術の開発

高崎 浩司 大西 俊彦 佐川 憲明
東海事業所安全管理部

資料番号：81-12

2. Development of Technology on Radiation Monitoring
of Working Environment
3. Development of Evaluating Techniques for α Radioactivity

Kouji Takasaki Toshihiko Ohnishi Noriaki Sagawa
(Health and Safety Division, Tokai Works)

核燃料物質取扱施設では、放射能汚染が起きた場合、それがラドン娘核種によるものか、プルトニウム等の核燃料物質によるものかを即時に判別しなければならない。核燃料物質によるものならば、粒子径分布を評価し、内部被ばく評価に反映する必要がある。

プルトニウムからラドン娘核種かの判別には、オートラジオグラフィ法や放射能減衰測定法が用いられているが、判別に1時間から2時間を要していた。そこで、迅速に放射能の判別と粒子径分布を評価するため、 α 放射能分布画像モニタおよび α スペクトル型サーベイメータを開発し、適用してきた。

1. はじめに

大気中には α 放射体であるラドンとその娘核種が存在しているため、核燃料取扱施設で α 放射能汚染が起きた場合、次の2つの問題が生じる。第一にその汚染が本当にPu粒子(PuO_2 粒子、 $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子)によるものかどうか迅速に判別する必要がある。第二に、Pu粒子によるものと判断した場合、作業環境中の放射性粒子の粒子径分布の把握が内部被ばく線量評価上重要となる。

現在、動燃事業団のプルトニウム燃料開発施設等では、最終的なPu汚染とRn娘核種の判別には、ZnS(Ag)増感オートラジオグラフィや放射能の減衰測定法が用いられている。しかし、これらの方法では数時間を要している。また、判別結果がでるまでは、施設の工程運転が制限される等の影響を受けている。

そこで迅速にPu汚染とRn娘核種の判別と粒子径分布を把握することを目的として、 α 放射能分布画像モニタおよび α 線スペクトル型サーベイメータの開発を実施した。

2. α 放射能分布画像モニタ装置の概要

2.1 装置の概要

α 放射能分布画像モニタ装置の概略図を図-1に

示す。画像モニタ装置は試料台とZnS(Ag)蛍光膜からなる α 線検出系、2段MCP(Microchannel plate)イメージインテンシファイアとサチコンTVカメラからなる撮像系、ビデオフレームメモリとミニコンピュータからなる画像積算・処理系の三つの系から構成されている。

α 線検出系と撮像系は光が入らないように暗箱の中に入っている。TVカメラで撮影された α 線による発光の様子は画像モニタ上で直接見ることができ、その発光画像はビデオフレームメモリにフレー

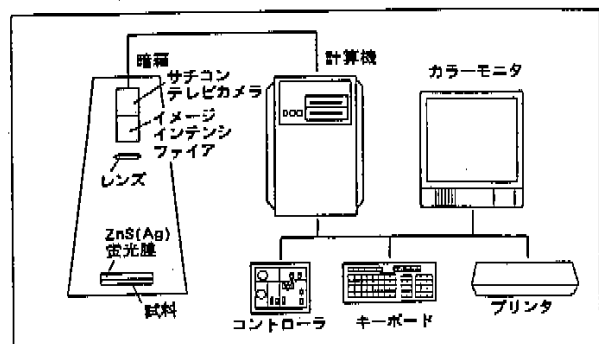


図-1 システム構成

ム毎に積算され、次第に画像が明確になっていく積算過程も画像モニタ上に表示される。

得られた積算画像はシステムのソフトに用意された種々の画像処理プログラムを用いて処理することができる。また、得られた積算画像、処理画像および種々のデータはフロッピーディスクに保存し、プリンタ等に出力することができる。

2.2 Pu粒子とRn娘核種との弁別

Pu粒子とRn娘核種の混在した試料を撮像して処理前の原画像を得る。

その画像からあるしきい値 (Threshold level ; 以下TL値と略す。) より大きい画素値だけを残して、それ以下のものはシングルスポットとして取り

表-1 Pu粒子試料の放射能

試料番号	放 射 能 (dpm)	放 射 能 (dpm)
P 2	141.59	180.13
P 3	176.99	—
P 4	179.65	—
P 5	459.00	289.26
S 5	96.46	112.59
S 7	515.04	472.94

を設定し、それより小さいスポットはRn娘核種の α 線スポットとみなして取り除くことによって、Pu粒子の放射能を抽出する。

試料としてPu粒子をろ紙上にマウントしたものを、試験を行った。使用したPu粒子試料の放射能を表-1に示す。試料の全 α 放射能はZnS



写真-1 試料番号P2のPuO₂積算画像と総計数(a) 0カウント、(b) 1771カウント、(c) 5475カウント、(d) 10857カウントのラドン娘核種の積算画像の重ね合せ

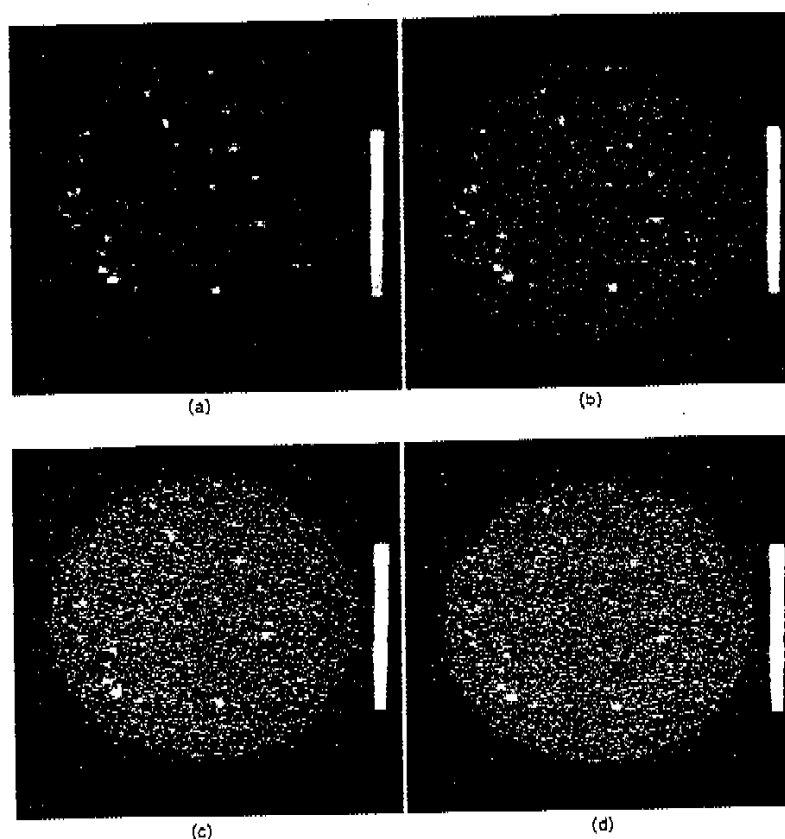


写真-2 試料番号S5の $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子の積算画像と総計数(a) 0 カウント、(b) 1771カウント、(c) 5475カウント、(d) 10857カウントのラドン娘核種の積算画像の重ね合せ

それに α 線の総計数レベルの違うRn娘核種の積算画像を重ね合わせた画像を示す。これらの画像を見てわかるように、Rn娘核種の α 線の総計数レベルが高くなるにつれて、微小なPu粒子は肉眼では判別しにくくなる。

実際のPu取扱施設内の空気をフィルタで集めたときのRn娘核種の濃度に対して、放射線管理上、Pu汚染の判断のためにフィルタの測定に使われる時間を10分程度とした時、Pu粒子とRn娘核種との判別方法を用いた場合の PuO_2 粒子の検出下限は、Puの誘導空気中濃度(DAC)： $2 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$ 以下であり、実用上十分な値が得られた。

$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子については、10分の測定では十分でなく、測定時間を長くする必要があることが分かった。

2.3 Pu粒子の放射能と粒子径分布

写真-2に $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子試料S5の画像モニタ

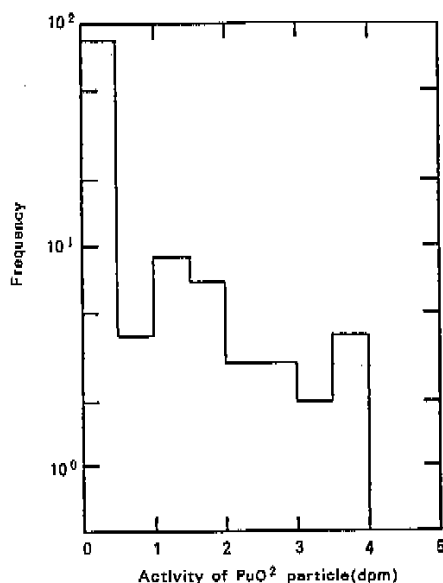
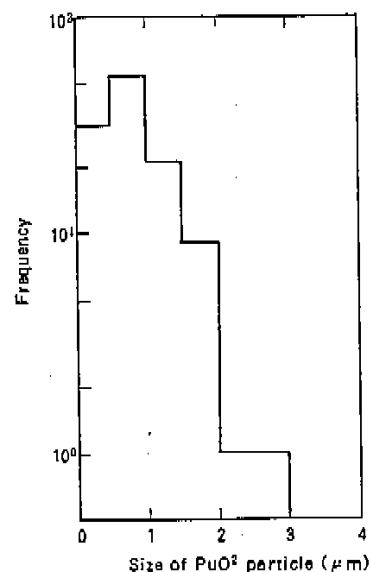
装置で得られた積算画像を示す。ここでは、各々の PuO_2 粒子と $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子のスポットの放射能と粒子径を求めた。

写真-2(a)から(d)までの積算画像にスポット抽出処理を行えばPu粒子のスポットを抽出することができ、各画像についてそのスポット計数がわかる。このスポット計数と α 線の計数効率より、放射能に換算できる。図-2に試料P2のPu粒子の放射能分布を示す。

また、 PuO_2 および $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 粒子径は放射能から求めることができる。試料P2についてスポット抽出処理で得られたスポット計数を放射能に換算した値から各スポットの粒子径を求めた。この結果を図-3に示す。

2.4 今後の計画

α 放射能分布画像モニタを用いた新しい方式によるプルトニウムモニタリング装置の開発を行い、従

図-2 PuO₂粒子の放射能分布図-3 PuO₂粒子の粒径分布

来よりも迅速に捕集試料上のPu粒子とRn娘核種を弁別し、Pu粒子の放射能と粒子径分布の把握が可能となった。現在、現場適用のためのテストおよびデータ収集を行っており、実用化の検討を進めている。

3. α線スペクトル型サーベイメータ

3.1 α線スペクトル型サーベイメータの概要

α線用サーベイメータ、ハンド・フット・クロー

ズモニタ等で有意な計数が認められた場合には、試料調製を必要とせず、その計数部分を直接しかも現場で容易に測定・判別できることが求められている。小型・軽量で移動性および操作性の良い測定器の開発を昭和61年から開始し、平成2年4月に実用機(α線スペクトル型サーベイメータ)として完成した。α線スペクトル型サーベイメータの主要部の構造および概略寸法を図-4、図-5に示し、外観

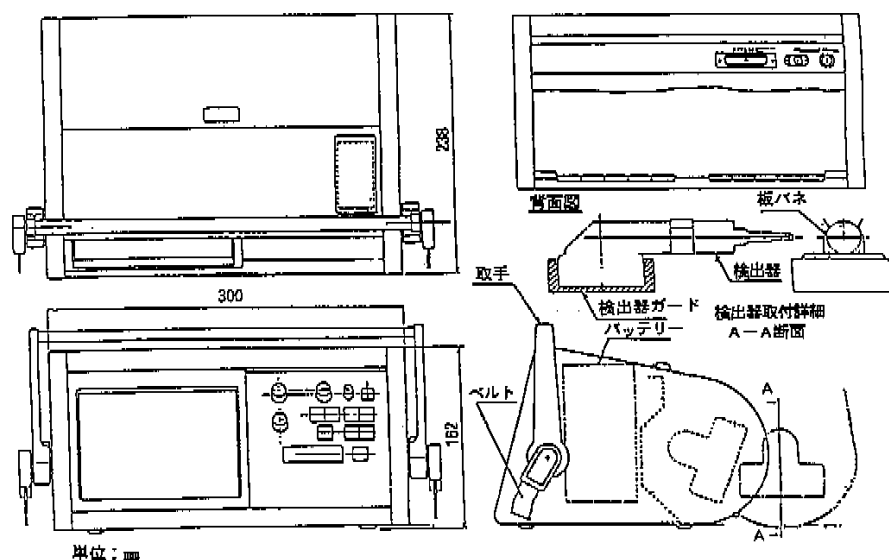


図-4 計数表示部

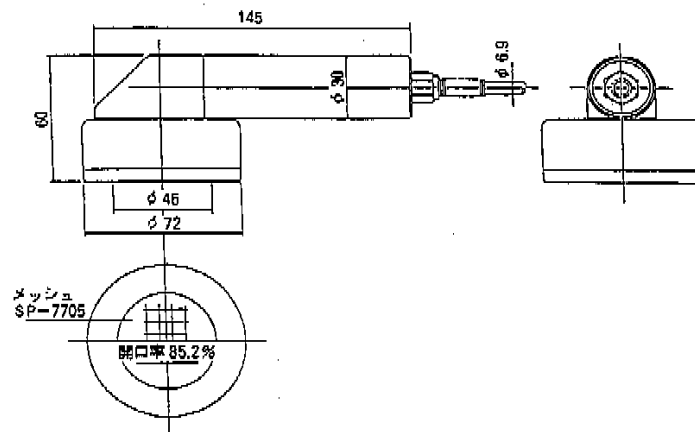


図-5 検出部

を写真-3に示す。

3.2 α線スペクトル型サーベイメータの特徴

α線スペクトル型サーベイメータの主な特徴を以下に示す。

(1) 計数機能と判別機能

α線を測定し、計数率および設定時間内の積算値をデジタルで表示するとともにα線のエネルギースペクトルを表示する。

(2) ROI設定

チャンネル間の下限と上限を設定することによりチャンネル間の計数を計数率および積算値で表示する。(ROIは3つ設定できる)

(3) RAM DISK

収集したデータを最大89個保存することができるRAM DISKを内蔵している。

(4) オーバーラップ

保存されたデータを1画面に2つ表示することができる。

(5) 検出器

半導体検出器 (表面障壁型Si半導体検出器)

(6) 寸法および重量

約300×160×240mm

約4.3kg

3.3 特性試験および現場試験結果

α線スペクトル型サーベイメータがプルトニウム燃料施設での表面汚染管理に適用できるかを調べるため、特性試験および現場試験を行った。これらの結果をそれぞれ表-2および表-3に示す。

特性試験および現場試験の結果から、プルトニウムからラドン・トロンカの判別が現場で、しかも短時間で容易に行われ、プルトニウム燃料施設での表面汚染管理に適用できることを確認した。

現在、プルトニウム燃料第一開発室、第二開発室、第三開発室等プルトニウム燃料施設において表面汚染の管理に適用され、測定の迅速化が図られている。

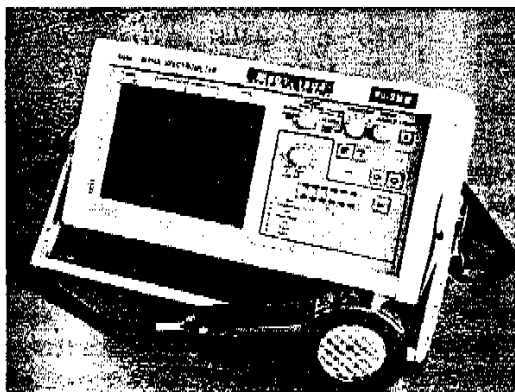


写真-3 α線スペクトル型サーベイメータ外観

表-2 α線スペクトル型サーベイメータ特性試験結果

試験項目	試験結果		備 考 (判断基準)
	測定器 1	測定器 2	
自然計数率	0.007cps	0.019cps	1cps以下
計数効率	25.8%	26.2%	20%以上
エネルギー分解能	610keV	590keV	400keV以下 (空気中)
エネルギー直線性	±1%以下	±1%以下	—

表-3 α 線スペクトル型サーベイメータ現場試験結果

施設名	室名	測定対象物	計 数 率 (μ サーベイメータ)	核種判別に要し た時間(分)
プルトニウム燃料第二 開発室	A-104	床面	300dpm	15
	A-105	鉛シート	200~300dpm	20
プルトニウム燃料第一 開発室	R-125	作業台の上 (ビニールシート上)	200~300dpm	10
	R-125	カバーオール (左巻き下)	200~300dpm	15
	R-125	作業台の上	300~400dpm	10
	R-125	カバーオール (左肩)	300~500dpm	15
	R-230	ビニールエポキシ	200~300dpm	25
	R-125	両手 (Rゴム手袋)	200~300dpm	15

4. まとめ

α 放射能分布画像モニタおよび α 線スペクトル型サーベイメータの開発を行った。その結果、これまで以上に迅速なPu粒子の放射能と粒子径分布の把握が可能となった。

今後、これらの技術を施設放射線管理に適用することにより、施設の安定かつ安全な運転のバックアップを図っていく。