

放射性汚染検査装置

長谷川 透 (はせがわ とおる)

橋本 忠雄 (はしもと ただお)

橋本 学 (はしもと まなぶ)

① まえがき

原子力発電所では、管理区域外へ放射性物質による汚染の広がりを防止するため、管理区域境界に表面汚染検査モニタを設置し、管理区域から外へ移動するすべての人や物の表面汚染を監視している。主な表面汚染検査装置として、作業員の体の表面汚染を測定する体表面汚染モニタ、作業員が携帯する工具などの物品の表面汚染を測定する物品搬出モニタ、管理区域内で着用した作業服などの表面汚染を測定するランドリーモニタがある。さらに、主に病院などで使用され、手足および着衣の表面汚染を測定する、ハンドフットクロスモニタがある。

富士電機はこれらの装置を、大面積放射線検出器、高速で演算処理可能な信号処理部、最適な条件で測定可能にする機構部、さらに音声案内や大型カラー液晶を採用したマンマシンインタフェースを用いて、放射性物質の高感度・高速な測定を実用化し、原子力発電所などに納入してきた。

これらの装置は自己診断機能を備え、さらにデータ処理装置とつなげることによって、汚染検査測定データの一括管理が可能である。

本稿では、これら装置の概要・特徴について説明する。

② 概要

放射性汚染検査装置にはプラスチックシンチレーション検出器を採用しており、以降に記述する各装置の用途に合わせ、多種多様の検出器を開発してきた。特に人や物品の全体を、感度を低下させることなく測定するために、プラスチックシンチレーション検出器の大面積化を積極的に進め、製品化を実現してきた。

近年、原子力発電所では放射性物質の管理基準の見直しを行っており、エネルギーの低い核種も厳密に測定できることが要求されている。そのため、さらに高感度なプラスチックシンチレーション検出器の開発を行い製品化した。今後、これを放射性汚染検査装置に適用していく。

③ 体表面汚染モニタ

3.1 概要

体表面汚染モニタは、管理区域の出口に設置され、管理区域から退出する人の身体表面の汚染の有無を検査する装置である。本装置は、体表面の各部位に検出器を配置しており、効率よく短時間で測定することができる。

測定方法は液晶ディスプレイで分かりやすく表示されるため、初めての人でも容易に使用することができる。

3.2 共通の特徴

(1) 検出感度

β 線を0.4 Bq/cm²の感度で測定できる。

(2) 検出器

β 線用の大面積プラスチックシンチレーション検出器を採用している。

(3) 運用機能

通常は一定時間（運用により設定可能）で測定を行うが、モニタのタイプによっては処理時間短縮の目的で、測定時間を自動算出し、より短い時間での測定が可能である。

(4) 移動型

装置を容易に分解することが可能であり、別の場所に移動して運用することができる。

3.3 移動式体表面汚染モニタ

本装置は、定置式と同じく全身表面をくまなく測定できるように検出器を配置しており、効率よく短時間で測定できるとともに、分解・組立できる構造を有している。

頭部は感度よく測定するため頭上検出器が自動昇降する。昇降範囲は小人から大人まで検査が受けられるように1,300 mm から2,000 mm までとなっている。また、両側面の検出器は自動開閉式の扉構造となっており、汚染がある場合は非管理区域側へ退出させないゲート機能を持っている。移動式体表面汚染モニタの外観を図1に、仕様を表1に示す。



長谷川 透

汚染モニタ、放射線装置などの開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場放射線装置部。



橋本 忠雄

汚染モニタ、放射線装置などの開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場放射線装置部。



橋本 学

汚染モニタ、放射線装置などの開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場放射線装置部。

図1 移動式体表面汚染モニタの外観



表1 移動式体表面汚染モニタの仕様

項目	仕様
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
検出器の配置	前後面(上・中・下), 左右側面(上・中・下) 頭, 右手, 左手, 右足, 左足 17面
検出感度 (条件)	0.4 Bq/cm ²
BG	0.1 μSv/h
測定時間	10秒
線源距離	U ₃ O ₈ 100×100 (mm) 手・足 密着 頭 50mm その他 100mm
処理能力	約20秒
外形寸法	W860×D1,000×H2,250 (mm)
質量	780kg

3.4 簡易型体表面汚染モニタ

本装置は、管理区域内に設置して汚染頻度の高い手足部、身体の側面・前面に検出器を配置して、事前測定を短時間で効率よく行うことができる。装置背面側から装置内に入り、手足をセットすると自動的に測定を開始するので扱いが容易である。簡易型体表面汚染モニタの外観を図2に、仕様を表2に示す。

4 物品搬出モニタ

4.1 概要

物品搬出モニタは、管理区域から搬出する物品の表面および内面が汚染されていないことを検査するための装置で、小物物品搬出モニタ、可搬型小物モニタ(タイプ1, タイプ2)がある。それぞれの外観を図3～5に示す。

図2 簡易型体表面汚染モニタの外観



表2 簡易型体表面汚染モニタの仕様

項目	仕様
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
検出器の配置	前面(上・中・下), 左右側面(上・下) 右手, 左手, 右足, 左足 11面
検出感度 (条件)	0.4 Bq/cm ²
BG	0.1 μSv/h
測定時間	10秒
線源距離	U ₃ O ₈ 100×100 (mm) 手・足 密着 その他 100mm
処理能力	約12秒
外形寸法	W920×D750×H2,100 (mm)
質量	650kg

4.2 共通の特徴

(1) 検出感度

β線は0.4 Bq/cm², γ線は1.1 Bq/cm²の感度で測定できる。条件を表3に示す。

(2) 検出器の配置

汚染測定を行う測定物の形状に対応するため、測定物の上下、前後、左右の全周囲に検出器を取り付けたタイプと、測定物の上下または左右の2面に検出器を取り付けたタイプを製作している。

(3) 安全対策

装置の可動部分である扉には、測定者が指や腕をはさまれないように、触れると停止する安全スイッチを取り付けている。

4.3 小物物品搬出モニタの特徴

小物物品搬出モニタは、出入管理室付近に設置し、作業者が手持ちで管理区域に持ち込んだ筆記具、工具など小型

図3 小物物品搬出モニタの外観



図4 可搬型小物モニタ（タイプ1）の外観



図5 可搬型小物モニタ（タイプ2）の外観



の物品の汚染を効率よく測定するための装置である。

(1) $\beta + \gamma$ 線検出器の採用

β 線用と γ 線用シンチレータを一体化した検出器を取り付け、内面汚染（ γ 線）を測定できる。

表3 物品搬出モニタの仕様

項目	小物物品搬出モニタ	可搬型小物モニタ（タイプ1）	可搬型小物モニタ（タイプ2）
検出器	同左	同左	同左
検出器の配置	被測定物の上下左右前奥	被測定物の上下	被測定物の左右
検出感度（ β 線） （条件） BG 移動速度または 測定時間	0.4 Bq/cm ² 0.1 μ Sv/h 10s	0.4 Bq/cm ² 0.1 μ Sv/h 10s	0.4 Bq/cm ² 0.1 μ Sv/h 10s
線源	U ₃ O ₈ 100×100 (mm)	U ₃ O ₈ 100×100 (mm)	U ₃ O ₈ 100×100 (mm)
距離	30mm	30mm	30mm
検出感度（ γ 線） （条件） BG 移動速度または 測定時間	1.1 Bq/cm ² 0.1 μ Sv/h 10s		
線源	⁶⁰ Co 100×100 (mm)		
距離	30mm		
被測定物の寸法	W500mm D500mm H300mm	W420mm D300mm H120mm	W250mm D350mm H350mm
被測定物の質量	20kg	5kg	5kg
被測定物の一例	○書類 ○工具 ○筆記具 ○小型測定器	○書類 ○工具 ○筆記具	○ヘルメット ○工具 ○サーベイメータ
外形寸法	W1,000mm D1,900mm H1,600mm	W550mm D450mm H600mm	W460mm D600mm H600mm
質量	1,800kg	50kg	36kg

(2) 上面検出器の移動

物品の形状に合わせて上面検出器を下降させて測定を行うため、物品により近い距離での測定が可能であり、物品の形状によらず効率のよい測定が行える。

(3) 測定物の保管機能

測定物は測定後非管理区域側のコンベヤに搬出されるが、測定物を収納するストッカも接続することができる。ストッカの収納数は、測定物の高さ 100 mm のものを 8 段、測定物の高さ 300 mm のものを 4 段など運用によって選択することができる。

4.4 可搬型小物モニタ（タイプ1）

可搬型小物モニタ（タイプ1）は、測定対象をノートや用紙のみに限定しており、駆動機構を取り付けていないため、質量約 50 kg の小型の装置である。また、設置スペースが小さいため、搬出物の多い時期を対象として臨時に設置する運用にも対応できる。

上面検出器の取付け高さを物品搭載面より上方、40, 70, 100, 130 (mm) の4段階から選択して手動設定することができる。

4.5 可搬型小物モニタ（タイプ2）

前述のタイプ1に比べ、ヘルメットやサーベイメータな

図6 小物前モニタの外観



表4 小物前モニタの仕様

項目	内容
測定線種	γ線
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
検出感度	1.0 Bq/cm ² 以下 (使用線源: ⁶⁰ Co)
処理能力	約250着/h (下着類相当)
外形寸法	約W950×D2,500×H1,420 (mm)
質量	約1,600kg

どの比較的高さがあるもの(350mm以下)を測定対象としたモニタである。

5 ランドリーモニタ

5.1 概要

ランドリーモニタは、管理区域内で使用した衣類などを洗濯前、または洗濯後に衣類表面の汚染の有無を効率よく検査するための装置である。測定対象は、つなぎ服・下着類などの衣服、帽子・手袋・靴下・あごひもなどの小物である。

前モニタは洗濯前の衣類を測定し、高汚染品を選別するもので、小物前モニタなどがある。後モニタは、洗濯後の衣類に汚染が残っているか否かを検査する装置であり、衣類モニタなどがある。

以下に、小物前モニタと衣類モニタの代表例を紹介する。

5.2 特徴

- (1) 各モニタは管理区域から搬出できる法令基準値を十分満足する検出感度を持っている。
- (2) 処理能力が高く、衣類モニタの場合は、つなぎ服を1時間に約250着検査できる。
- (3) 衣類の帯電による静電気ショックから作業員を守るために、除電気の機能を装備している。
- (4) 各種の自己診断機能を持っており、測定系の健全性を

図7 衣類モニタの外観



表5 衣類モニタの仕様

項目	内容
測定線種	β線
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
検出感度	1.0 Bq/cm ² 以下 (使用線源: ⁶⁰ Co) 0.37 Bq/cm ² 以下 (使用線源: U ₃ O ₈)
処理能力	約250着/h (つなぎ服相当)
外形寸法	約W1,000×D2,500×H1,350 (mm)
質量	約3,000kg

常時、自動でチェックしている。

5.3 機能

(1) 小物前モニタ

測定対象は、洗濯前の小物である。モニタに投入された測定対象物は、ベルトコンベヤで検出器の上を通過することによって汚染の有無が検査される。また、本体後部には仕分け機構が装備されており、非汚染品と汚染品とに分別している。さらに、運用方法の選択により、汚染品を投入側に戻すこともできる。また、ぬれた小物も測定できるようにベルトコンベヤには耐水性の高い素材を採用している。小物前モニタの外観を図6、仕様を表4に示す。

(2) 衣類モニタ

測定対象は、洗濯後の衣類と小物である。モニタに投入された測定対象物は、上下に配置されたコンベヤで挟み、上下に配置された検出器の間を移動することによって汚染検査される。有感面積が広いβ線検出器を使用しているため、コンベヤ全幅にわたって不感部分がない測定ができる。衣類モニタの外観を図7、仕様を表5に示す。

6 ハンドフットクロスモニタ

6.1 概要

ハンドフットクロスモニタは、主に病院など、放射性物

図8 ハンドフットクロスモニタの外観



表6 ハンドフットクロスモニタの仕様

項目	内容
測定線種	β線
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
検出感度	1.0 Bq/cm ² 以下 (使用線源 ³⁶ Cl, ⁶⁰ Co) 0.2 Bq/cm ² 以下 (使用線源U ₃ O ₈)
測定時間	15秒 (1~999秒で任意設定可能)
外形寸法	W630×D725×H1,356 (mm) 以下
質量	約80kg

質を取り扱う施設の汚染検査室などに設置し、作業者の手・足および衣服などに付着した放射性物質の表面汚染を検知するモニタである。放射性物質から放出される放射線のうち、β線を検出し、あらかじめ設定された警報レベルを超えると警報音を発し、手・足および衣服の汚染部位を表示する。

ハンドフットクロスモニタの外観を図8、仕様を表6に示す。

6.2 特徴

(1) 手・足を測定位置に乗せるだけで、自動的に測定・汚

染判定・表示を行う。

- (2) 定期的にバックグラウンド (BG) を自動測定し、最新 BG 値による減算を行い、BG の変動による影響を少なくして正確な汚染の測定を行うことができる。
- (3) 汚染発生時は、カラー表示器に汚染部位がグラフィックで表示され、測定結果が容易に確認できる。
- (4) プラスチックシンチレーション検出器を使用しているため寿命のある GM 管と違い、交換の必要がない。
- (5) 衣服汚染測定用の検出器はプラスチック製で軽い。
- (6) 足台が低いので、足を乗せやすい。
- (7) 背面側の車輪を利用すると、一人でモニタを移動させることができる。
- (8) 3分割が可能であり、搬入・設置が簡単にできる。
- (9) 汚染防止膜の巻き取り、交換が容易である。
- (10) オプションでプリンタ印字が可能である。

6.3 機能

BG 測定と汚染測定を二つを繰り返し行う。BG が未測定の場合は BG 測定を優先し、設定回数の BG 測定が終了した後で汚染測定が可能になる。通常は BG 測定を行い最新の BG 値に更新する。

汚染測定には、手・足汚染測定と衣服汚染測定の2種類があり、それぞれ単独で行う。手・足汚染測定は手・足検知用のセンサがすべて検知した時点で測定を開始し、測定終了後に判定結果を画面表示する。衣服汚染測定は備え付けのプローブ形の検出器を使用し、衣服表面をサーベイする。結果はリアルタイムで画面に表示される。汚染測定が終了すると BG 測定を再開するが、測定結果が異常の場合には、測定者の汚染かモニタの異常かを判定するための BG 確認の設定も可能である。

7 あとがき

富士電機は国内の原子力発電所の顧客ニーズに対応した装置を開発してきた。今後は海外拡販に向け、IEC 規格に対応した機種の開発を推進していく所存である。