

# ポータブル放射線モニタ

増井 馨 (ますい かおる)

石倉 剛 (いしくら たけし)

乾 大佑 (いぬい だいすけ)

特集 1

## 1 まえがき

国内の原子力発電所，研究所，病院などにおいては，日常使用する簡便な放射線測定器として，人が携帯あるいは持ち運び可能なポータブル放射線モニタが広く用いられている。国外においても，原子力発電所や放射線利用施設の増加に伴い，ポータブル放射線モニタに対する需要は今後広がっていくことが予想される。

本稿では，これらポータブル放射線モニタの概要と近年開発した新機種について紹介する。

## 2 ポータブル放射線モニタの種類と用途

ポータブル放射線モニタには，サーベイメータ，施設周辺の $\gamma$ 線線量率を測定する可搬式モニタリングポスト，および放射線管理区域境界などの積算線量を測定する環境線量計などがある。また，サーベイメータは， $\gamma$ 線線量率を測定する $\gamma$ 線サーベイメータ，中性子(n)線量率を測定する中性子レムカウンタ，および人・物の表面汚染を測定する $\beta$ 線サーベイメータに分類できる。表1に主な製品とその仕様を示す。

電離箱サーベイメータ(NHA100)は，1cm線量当量率を広いエネルギー範囲で精度よく測定できる。また，X線瞬間線量の測定や，電離箱前面のキャップを外して $\beta$ 線

の検知ができる小型・軽量で扱いやすいサーベイメータである(図1)。

GM式サーベイメータ(NHJ110)は高感度のGM管を使用しており，事業所内での放射線漏えいの検知などのため簡便に使用される。また，同シリーズのNHJ120は，端面形 $\phi$ 50mmGM管を用いた表面汚染測定用サーベイメータで， $\beta$ 線の表面汚染測定ができる(図2)。

中性子レムカウンタ(NSN100)は，原子力施設や加速器などの漏えい中性子場において，中性子線量当量率を測定するサーベイメータである。国際放射線防護委員会から

図1 電離箱サーベイメータ



表1 主なポータブル放射線モニタ

製品名	型式	測定線種				エネルギー (keV)					測定範囲					単位		
		$\beta$	$\gamma$	n	X	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$	$10^1$	$10^2$		$10^3$	$10^4$
電離箱サーベイメータ	NHA100	○	○		○													μSv/h
広エネルギーX/ $\gamma$ 線サーベイメータ	NHC510		○		○													
GM式サーベイメータ	NHJ110		○															
中性子レムカウンタ	NSN100			○														Bq/cm <sup>2</sup>
GM式サーベイメータ	NHJ120	○																
可搬式モニタリングポスト	-		○															nGy/h
環境線量計 (積算)	NSD2		○		○													mSv



増井 馨

放射線測定器の設計に従事。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課長補佐。



石倉 剛

放射線モニタの設計に従事。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主任。日本保健物理学会会員。



乾 大佑

放射線機器・システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社制御システム本部放射線システム統括部放射線システム部。日本原子力学会会員，応用物理学会会員。

図2 GM式サーベイメータ



図3 中性子レムカウンタ



公表されているICRP51（体外放射線に対する防護のためのデータ）のレムレスポンスに検出器の応答を一致させており、線量当量値を直読できる。富士電機製の中性子レムカウンタは、感度が非常に高く軽量であるという特徴を有している。感度を向上させるために検出器に<sup>3</sup>He 比例計数管を用い、また、軽量化のために検出器を覆う中性子減速材の構造を最適化している（図3）。

次章から、近年開発した広エネルギー X/γ線サーベイメータ（NHC510）、環境線量計システム、可搬式モニタリングポストについて紹介する。

### ③ 広エネルギー X/γ線サーベイメータ

#### 3.1 概要

近年、X線発生装置が医療分野をはじめとしてさまざまな用途に使用されるようになり、使用施設においては低エネルギー X線から環境γ線（約1.5 MeV以下のγ線）までを対象とした漏えい線量測定器が望まれている。医療用に用いられる X線照射装置から発生する X線のエネルギー

図4 広エネルギー X/γ線サーベイメータ



図5 エネルギー特性（X線モード）

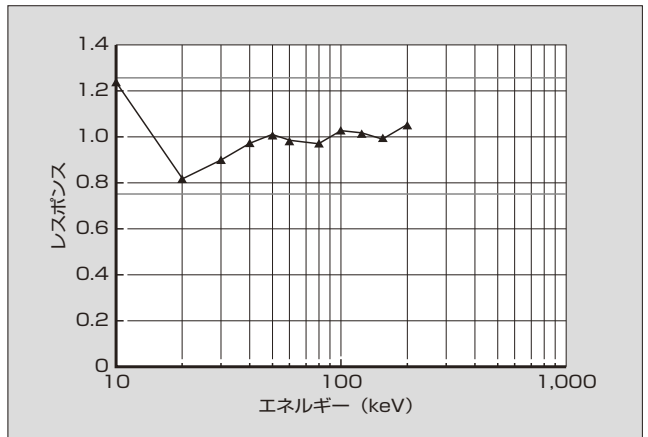
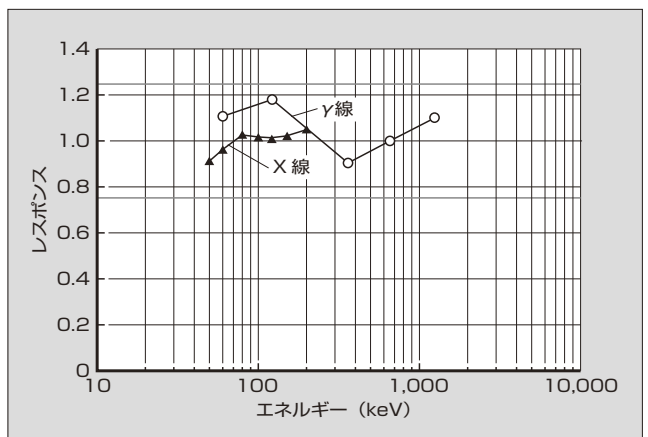


図6 エネルギー特性（γ線モード）



範囲は8 keV以上であり、これを考慮して8 keV～1.5 MeVの領域に対して1 cm線量当量率を高感度で精度よく測定できるサーベイメータを開発した（図4）。

開発にあたり、環境γ線を測定したときの方向特性を確保しつつ低エネルギー光子を効率よく測定するため、NaI (TI) シンチレータの寸法と収納ケースの材質・厚さを最適になるように設計した。また、エネルギー補償と温度

表2 広エネルギーX/γ線サーベイメータの仕様

項目	仕様
検出器	NaI (TI) シンチレータ φ12.7×12.7 (mm)
測定対象	X線, γ線
エネルギー測定範囲	X線: 8~300keV γ(X)線: 50keV~1.5MeV
線量率測定範囲	X線: BG~60μSv/h ( <sup>241</sup> Am基準) γ(X)線: BG~600μSv/h ( <sup>137</sup> Cs基準)
指示誤差	±20%以内
エネルギー依存性	X線: ±25%以内 (10~200keV) γ(X)線: ±25%以内 (50keV~1.5MeV)
方向依存性	±20%以内 (0~±90°)
使用温度範囲	0~40℃
外形寸法	約100 (W) × 215 (D) × 155 (H) (mm)
質量	約1.3kg

補償の機能を与えることで良好な特性を実現した。エネルギー特性を図5および図6に示す。X線モードにおける10keVから200keVまで、およびγ線モードにおける50keVから1.5MeVまでの範囲で、1cm線量当量レスポンス±25%以内を実現している。

3.2 特徴と仕様

特徴は次のとおりである。

- (1) 8keV (X線) ~ 1.5MeV (環境γ線) までの広いエネルギー範囲で高感度の測定ができる。
- (2) エネルギー補償機能により、1cm線量当量率の測定が精度よくできる。
- (3) 4けたデジタル表示とバーグラフインジケータ表示により、測定結果が確認しやすい。
- (4) 低エネルギーX線測定用の「X線モード」と、1.5MeVまでを測定する「γ線モード」の切換方式を採用している。
- (5) 小型、軽量、ポータブルであり、取扱いが容易である。
- (6) 温度補償回路を有する。

概略仕様を表2に示す。

4 環境線量計システム

4.1 概要

原子力発電所などの施設においては、管理区域境界、管理区域内作業場所、および周辺区域のγ線積算線量を測定・管理している。従来、本目的のために熱ルミネセンス線量計が使用されていたが、線量計の回収・再配置が必要であること、トレンド線量が記録できないこと、線量の読取りにアニールが必要で手間がかかることに対し、改善が求められてきた。

上記の要求を満たすため、富士電機が開発を重ねてきた個人線量計の技術を活用し、環境線量計、データ収集ターミナル、データ処理装置から構成される環境線量計システムを開発した。環境線量計システムの概要を図7に示す。

図7 環境線量計システムの概要

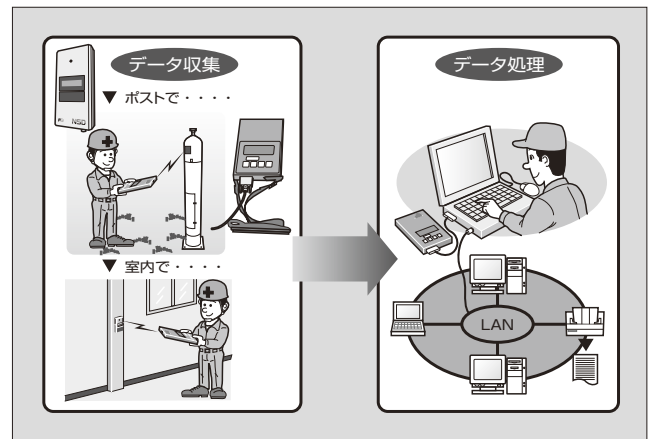


表3 環境線量計の仕様

項目	仕様
測定対象	γ(X)線
エネルギー測定範囲	50keV~6MeV
線量測定範囲	0.001~999.99mSv
指示誤差	±10%以内 ( <sup>137</sup> Cs)
エネルギー依存性	±30%以内 (60keV~6MeV)
方向依存性	±20%以内 (左右±180°, 上下+240~-60°)
使用温度範囲	-10~+50℃
外形寸法	約65 (W) × 20 (D) × 110 (H) (mm)
質量	約140g

環境線量計を各測定場所に設置してトレンド線量率・積算線量を測定し、小型・軽量で携帯可能なデータ収集ターミナルを用いて定周期でデータを収集する。収集したデータはRS-232Cにてデータ処理装置に伝送され、データの保存・参照・加工を容易にすることができる。本方式では、線量計の回収と再配置が不要で、データ回収を容易に実施できる。

通常時のバックグラウンド (BG) レベル (約0.001 mSv以上) の線量測定を可能とするため、素子の大型化、電極構造の最適化を実施することで半導体検出器の高感度化を実現した。また、環境線量計の連続動作時間を1年間以上とするため、低消費電流回路を開発した。この環境線量計システムは、現在国内の原子力発電所などで熱ルミネセンス線量計に代わって広く使用されている。

4.2 特徴と仕様

環境線量計 (NSD2) の特徴を以下に示す。

- (1) バックグラウンドレベルの線量に感度を有する。
- (2) 1年以上の連続動作が可能である。
- (3) データ収集ターミナルとの非接触通信機能 (赤外線通信) を装備している。
- (4) 測定データは不揮発メモリに記憶されており、万一故障した場合でも測定データの読出しが可能である。
- (5) 本体は結露などによる水の飛沫 (ひまつ) にも耐えら

図8 可搬式モニタリングポスト



表4 可搬式モニタリングポストの仕様

項目	仕様
測定対象	γ線
エネルギー測定範囲	低レンジ領域：50keV～3MeV 高レンジ領域：50keV以上
線量率測定範囲	低レンジ領域：10～5×10 <sup>5</sup> nGy/h 高レンジ領域：3×10 <sup>5</sup> ～10 <sup>8</sup> nGy/h
線量率測定精度	±10%（基準： <sup>137</sup> Cs照射線量率に対して）
方向依存性	±20%（0～±90°）
エネルギー依存性	低レンジ領域： ±20%（50keV～100keV未満） ±10%（100keV～3MeV） 高レンジ領域： -50～+25%（50keV～100keV未満） -10～+20%（100keV～400keV未満） ±10%（400keV～3MeV）
使用温度範囲	-10～+40℃
外形寸法	約440（W）×450（D）×740（H）（mm）
質量	約15kg（オプションを除く）

れる防滴構造である。  
概略仕様を表3に示す。

## 5 可搬式モニタリングポスト

### 5.1 概要

原子力発電所などの施設においては、定置式のモニタリングポストの補完や緊急時の施設周辺線量率の迅速な把握のため、簡便な環境放射線監視モニタが要求されて

きた。具体的な要求仕様は、バックグラウンド線量率（10nGy/h）から事故時線量率（10<sup>8</sup>nGy/h）の幅広い測定レンジに対して精度のよい線量率測定ができること、運搬・測定が容易に行えることである。

上記の測定レンジに対しては、従来2台の検出器を線量率に応じて使い分ける方法が一般的であったが、富士電機は軽量化・コンパクト化を図るため、1台の検出器で上記測定レンジを満足する可搬式モニタリングポストを開発した。検出器にNaI（TI）シンチレータを用い、測定方式としてパルス測定と電流測定を併用して、パルス測定モードによって低線量率領域を、電流測定モードによって高線量率領域を測定するものとした。また、エネルギー依存性などの各種特性を広範囲の測定レンジに対して確保するため、検出器遮へい体の構造を最適化し、エネルギー補償回路および温度補償回路を備えた。可搬式モニタリングポストの外観を図8に示す。

### 5.2 特徴と仕様

可搬式モニタリングポストの特徴は以下のとおりである。

- (1) 1台の検出器でバックグラウンドから非常時までの線量率に対応している。
  - (2) 小型・軽量で運搬・設置が容易である。
  - (3) 全天候型で野外設置が可能である。
  - (4) AC電源がない場所でも外部バッテリーにて動作可能である。
  - (5) 測定値は、1週間分を内部メモリに記録可能である（1分値）。
  - (6) エネルギー特性補償回路および温度補償回路を有する。
  - (7) データ収集は携帯可能なデータ収集装置にて行うか、携帯電話などによる通信にて行う。
- 概略仕様を表4に示す。

## 6 あとがき

ここに紹介したポータブル放射線モニタは、幅広い目的のために各種施設で使用され得るものである。今後も引き続き、モニタの性能・機能の向上を図るとともに、海外市場に対しても積極的に展開していく所存である。

### 参考文献

- (1) Yamamura, S. et al. Development of Low-Energy γ-Ray Survey-Meter. KEK Proceeding. 2006-2.
- (2) Yamamura, S. et al. Development of Wide-Energy Range X/γ-Ray Survey-Meter. AOCRP-2 Proceedings. 2006-10, p.322.