

# 原子力施設放射線モニタリングシステム

特集  
1

大井 啓一 (おおい けいいち)

安友 克美 (やすとも かつみ)

鈴木 善二郎 (すずき ぜんじろう)

## 1 まえがき

原子力施設では、施設に従事する人および周辺住民の放射線防護の観点から、さまざまな法令・基準に基づいて適切な放射線管理を行っている。放射線モニタリングシステムは、施設内の作業環境の放射線状況や施設外に放出する気体・液体の放射能濃度の監視を24時間連続で行うためのものであり、非常に重要なシステムとして位置づけられている。

放射線モニタリングシステムは、各作業場所に放射線検出部を設置し、そこから得られた信号を中央制御室に伝送し、放射線監視盤にて放射線レベルや警報発生の有無を集中監視するとともに、放射線管理用計算機にてデータ処理を行い、画面や帳票を出力するものである。

従来のシステムは、放射線というごく微弱な信号を電気信号に変換し、その信号を増幅・伝送しなければならないこと、また、測定する放射線の種類により検出機構が異なっており、それに起因して後段の信号伝送方法が異なっていることから、各作業場所に設置された放射線検出部と中央制御室に設置された放射線監視盤とは1対1にケーブル接続した構成となっていた。

多数の放射線モニタが複数施設に分散配置されたような放射線モニタリングシステムでは、従来のシステム構成で対応しようとする大規模なハードウェア構成のシステムを構築する必要があり、システム構成上大きな制約を受けることになる。

近年、原子力施設の放射線管理の高度化が進む中で、放射線モニタリングシステムに対して、より一層の信頼性の向上や保守・点検の省力化、監視機能の向上が求められてきた。

一方、技術開発面においては、ICなどの半導体技術、伝送処理技術、情報処理技術の開発の進歩が目覚ましい。

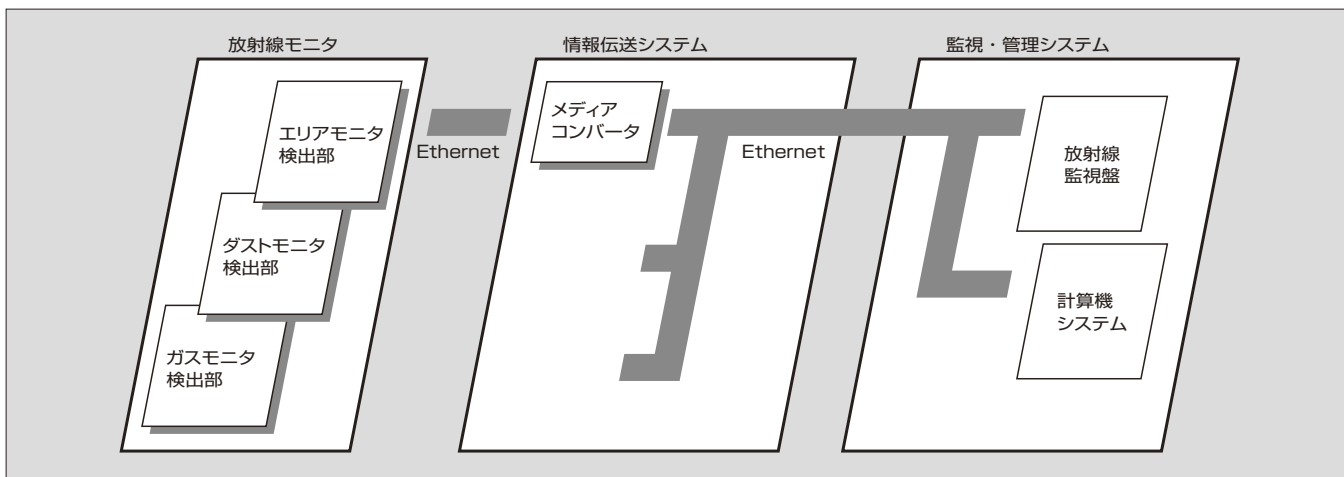
このような背景のもと、富士電機では、最新技術を取り入れた大規模放射線モニタリングシステムを提供しているので紹介する。

## 2 概要

放射線モニタリングシステムは、以下の方針により開発した。

- (1) 検出感度(効率)を上げるため、新しい半導体放射線センサの開発を行う。

図1 原子力施設放射線モニタリングシステムの概念



大井 啓一

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課長。



安友 克美

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課長補佐。



鈴木 善二郎

放射線機器・システムの設計業務に従事。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マネージャー。

- (2) 放射線検出部をインテリジェント化し、信頼性、保守性を向上させるとともに、従来現場と中央に分散していた放射線計測特有の機能（ $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などの測定線種により信号レベルが異なり、測定線種ごとに専用回路を構成する）を放射線検出部に集約し、伝送インターフェースの汎用化を図る。
- (3) 放射線検出部から中央制御室や放射線管理計算機までの信号伝送に最新の情報伝送技術を取り入れ、大量データの高信頼化・高速伝送化を図る。

これらの開発方針に基づき開発したシステムの構成を図1に示す。

放射線モニタには、放射線計測に必要なすべての機能を集約し、信号処理結果をデジタル情報として出力できるようにした。この伝送インターフェースは、モニタの種類によらず IEEE802.3 規格 (Ethernet)<sup>(注)</sup> とした。また、常時自己診断機能、遠隔自動点検機能を付加し、保守・点検の大幅な省力化を実現した。なお、放射線センサは、従来のセンサに加えて、新しく開発した大面積半導体センサを採用した。

情報伝送システムは、検出部接続台数や施設規模に応じて自由に構築できる。図1は Ethernet を伝送インターフェースとした場合の大規模システムの概念図で、各放射線検出

〈注〉 Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

部からは Ethernet で規定される 100BASE-TX で出力され、メディアコンバータを介して中央側の放射線監視・管理システムへ多量の情報を光伝送するシステムとしている。

### ③ 放射線モニタ

放射線検出部の機能構成を図2に示す。従来の放射線モニタは、現場にセンサ、プリアンプのみが設置され、残りの機能はすべて放射線監視盤に収納されていた。従来は、各センサの種類に応じ専用のハードウェアモジュールを複数個組み合わせることでモニタリング回路を構成していたが、今回ワンチップマイコンを使用し、これらすべての機能を1枚のCPUボードにまとめて検出部に収納した。

放射線検出部は、センサ部と計測部から構成されており、モニタの種類によらず共通している機能は計測部に持たせ、測定対象放射線に応じて異なる機能はセンサ部に持たせている。

放射線検出部は、以下の常時自己診断機能を有しており、異常時には自動で情報監視・管理システムへ発信する。

- ① ディスクリレベル常時監視
- ② バイアス電圧常時監視
- ③ CPU チェック (RAM, ROM)
- ④ DO/AO 常時監視
- ⑤ 温度異常常時監視

図2 放射線検出部の機能構成

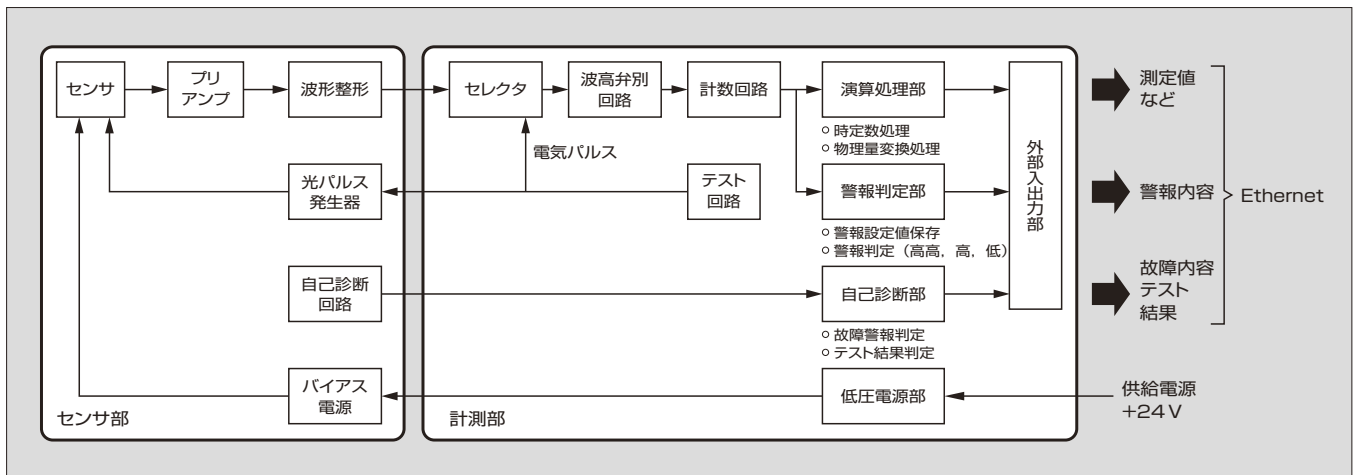


表1 放射線検出部の種類と主な機能

モニタ種類	主要仕様	
	検出器	測定範囲
γ線エリアモニタ	電離箱検出器	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>4</sup> μSv/h
	半導体検出器	10 <sup>-1</sup> ~10 <sup>4</sup> μSv/h
中性子線エリアモニタ	<sup>3</sup> He比例計数管	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>4</sup> μSv/h
α線ダストモニタ	半導体検出器	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>4</sup> s <sup>-1</sup> (cps)
β線ダストモニタ	半導体検出器	10 <sup>-1</sup> ~10 <sup>5</sup> s <sup>-1</sup> (cps)
β線ガスモニタ	プラスチックシンチレーション検出器	10 <sup>-1</sup> ~10 <sup>5</sup> s <sup>-1</sup> (cps)
よう素モニタ	NaI (TI) シンチレーション検出器	10 <sup>-1</sup> ~10 <sup>5</sup> s <sup>-1</sup> (cps)

さらに、中央からの遠隔指令を受け、以下のテストを自動で実施し、結果を中央へ通知できる機能を有している。

(1) 光パルステスト

内蔵光パルス発生器から光パルスを発生させ、センサを含めたモニター全体健全性の確認を行う。光パルス周波数は、放射線モニタリングシステムにて任意に設定可能である。

(2) 警報テスト

内蔵警報回路の健全性を確認するもので、入力データを

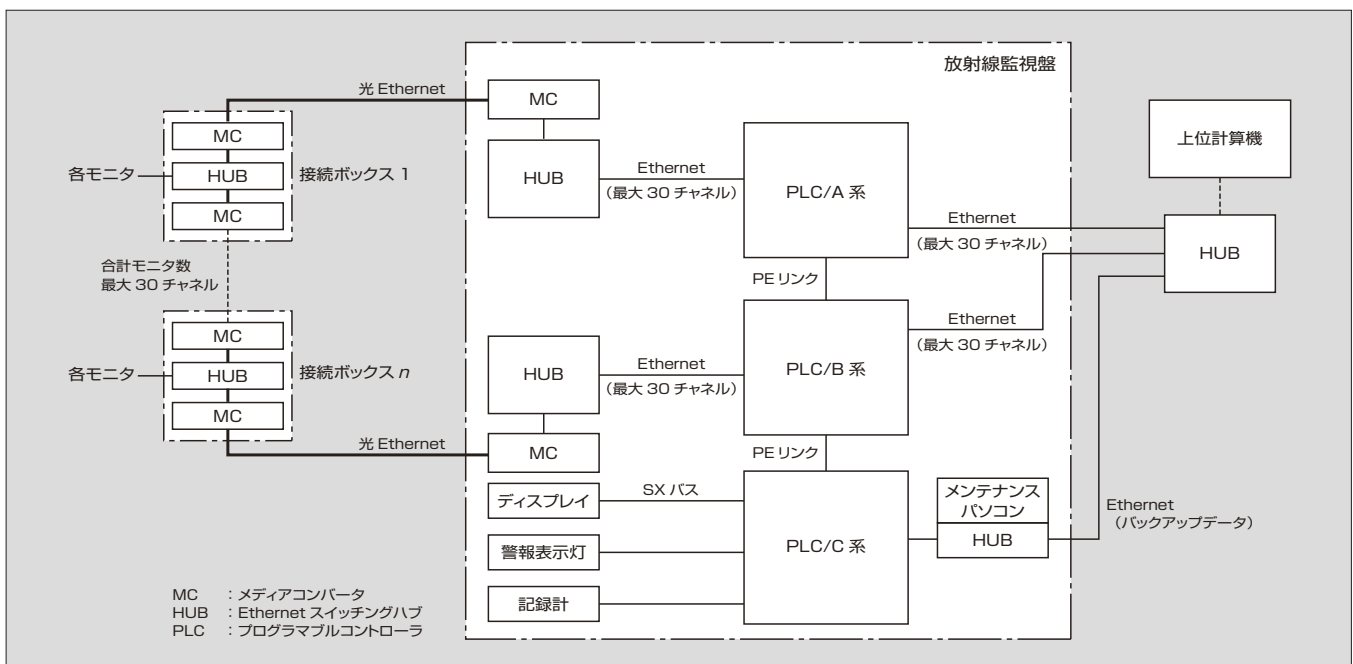
図3 中性子線エリアモニタ検出器



図4 半導体γ線エリアモニタ検出器



図6 原子力施設放射線モニタリングシステムの構成



アップダウンさせ、警報出力を確認する。

(3) 上下限校正

内蔵テスト回路により電気パルスを発生させ、測定範囲の上限および下限を計数することにより確認する。

放射線検出部の主な仕様を表1に示す。

図3に中性子線エリアモニタ検出器を示す。測定対象となるエネルギー範囲は0.025 eV ~ 15 MeVであり、原子力施設で発生し得る中性子のエネルギー範囲を十分カバーする〔外形寸法：約φ257 mm × 388 mm (H) × φ250 mm (基底部)、質量：約15 kg〕。

図4に半導体γ線エリアモニタ検出器を示す。測定エネルギー保証範囲は55 ~ 1,500 keVをカバーする〔外形寸法：120 mm (W) × 100 mm (D) × 190 mm (H)、質量：約1.3 kg〕。

図5に検出器（センサ部）と組み合わせて使用する計測

図5 計測部



部を示す。前面パネルに LCD 表示器を持ち、放射線測定値を表示でき、各種設定および操作は専用赤外線リモコンにより行える。警報設定値の変更などは LAN によるリモート操作にも対応する。上部には警報表示器を取り付けており、現場での警報表示・鳴動を可能としている〔外形寸法：190mm (W)×70mm (D)×242mm (H) (突起物除く)、質量：約 2.7kg〕。

計測部の中央へ伝送するためのインタフェース仕様は以下のとおりである。

- ① 伝送方式：IEEE802.3 規格 (Ethernet)
- ② 伝送項目：放射線測定値、警報内容、故障内容、テスト結果など

#### 4 システムの構築例

放射線モニタの開発により、後段の中央への信号伝送システムは、施設の規模に応じたシステム構築が可能であり、**図 6** にシステム構成例を示す。

本システムは、1 ループに最大 30 チャンネルの放射線モニタが接続可能であり、複数ループ構成とすることで大規模システムの構築が可能である。各放射線モニタからの信号は Ethernet スイッチングハブ (HUB) に入力され、メディアコンバータ (MC) を介して光 Ethernet で放射線監視盤に伝送される。HUB には最大 3 チャンネルの放射線

モニタが接続され、施設のレイアウトから適した場所に設置される。

放射線監視盤には、プログラマブルコントローラ (PLC) として A 系、B 系の 2 セットが収納され、光 Ethernet の両端と MC を介して接続している。放射線モニタのデータは、これら両系に 1 秒周期で伝送され、現場 LAN 機器および監視盤 LAN 機器の故障時でもデータの収集を可能としている。

HUB は、システム共通とし、故障時には簡単に交換可能としている。また、C 系は放射線監視盤に必要な指示、記録、警報機能を持たせている。

#### 5 あとがき

本稿では、原子力施設放射線モニタリングシステムについて報告した。今回紹介したシステムおよびコンポーネントは、放射線計測特有の機能を放射線検出部に集約し、信号処理結果をデジタル情報として出力できるようにしたことにより、システムを構築するうえでの制約がほとんど解消でき、今後ますます発展していくであろう情報処理技術の取込みを容易にしたものと考えている。

より一層の信頼性向上、保守性・生産性の向上を目指し、今後も開発を進めていく所存である。

