大規模放射線監視システム

藤本　敏明（ふじもと　としあき）　　**伊藤　勝人**（いとう　かつひと）　　**中島　定雄**（なかしま　さだお）

1　まえがき

原子力施設では，施設に従事する者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。放射線監視システムは，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に位置づけられている。

放射線監視システムは，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の放射線監視盤とは１対１にケーブル接続された構成となっていた。この基本的システム構成は，従来から大きな変化がみられず，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大規模な放射線監視システムではシステム構成上大きな制約を受けることとなる。

近年，原子力施設の放射線管理の高度化が進む中で，放射線監視システムに対して，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，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，富士電機は，最新技術を取り入れた大規模放射線監視システムを開発したので紹介する。

2　大規模放射線監視システムの概要

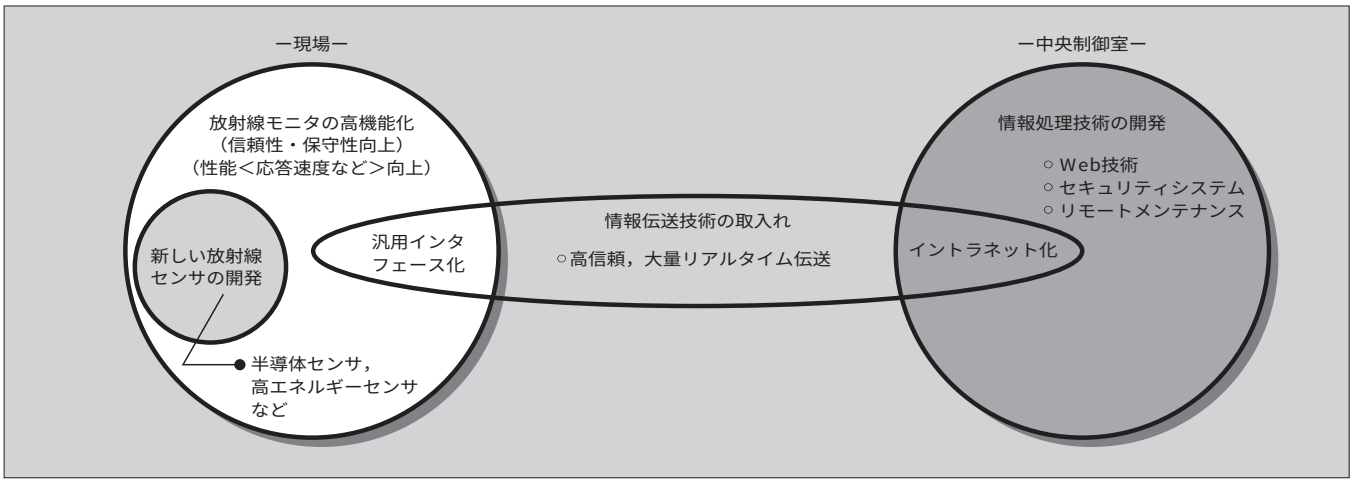
放射線監視システムの開発は，**図１**に示す方針により行った。

(1)　新しい放射線センサの開発を行う。

(2)　放射線検出部をインテリジェント化し，信頼性，保守性を向上するとともに，従来現場と中央に分散していた放射線計測特有の機能を放射線検出部に集約し，伝送インタ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・高速伝

図１　放射線監視システムの開発方針



藤本　敏明

放射線管理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)e-ソリューション本部放射線システム統括部放射線システム部担当部長。

伊藤　勝人

放射線管理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)e-ソリューション本部放射線システム統括部放射線システム部担当課長。

中島　定雄

放射線管理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)e-ソリューション本部放射線システム統括部放射線システム部課長。

送化を図る。

(4)　放射線管理用計算機には，最新の情報処理技術の開発を適用する。

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2**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，信号処理結果をディジタルコード化情報として出力を可能とした。この伝送インタフェースは，モニタの種類によらずIEEE-488規格（GP-IB）とIEEE-802.3規格（Ethernet〈注1〉）の2種類を用意した。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，新しく大面積半導体センサを開発した。

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2**はIEEE-802.3規格（Ethernet）を伝送インタフェースとした場合の大規模システムの概念図で，各放射線検出部からはIEEE-802.3規格（Ethernet）に規定される100BASE-TXで出力され，メディアコンバータを介して中央の放射線監視盤へ多量の情報を光伝送する。

放射線管理用計算機には，最新の情報処理システムであるWeb技術を採用し，関係者および関連部門全体で監視情報の共有化を行い，リアルタイム監視機能強化や情報公開を可能とした。

〈注1〉Ethernet：米国Xerox Corp.の登録商標

3　放射線モニタ

放射線検出部の機能構成を**図3**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モジュールを複数個組み合わせてモニタループを構成していたが，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部分はセンサ部側に機能を持たせている。

放射線検出部は，以下の常時自己診断機能を有しており，異常時は自動で中央へ通知できる。

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

図2　放射線監視システムの概念

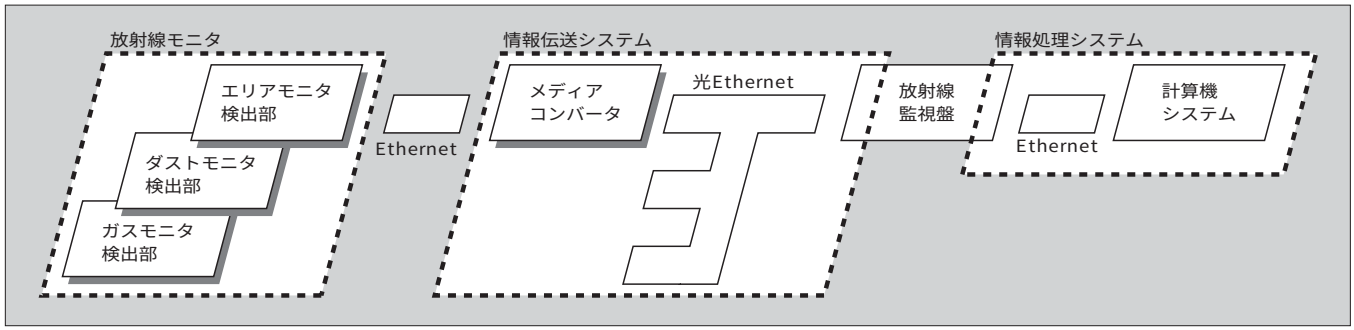
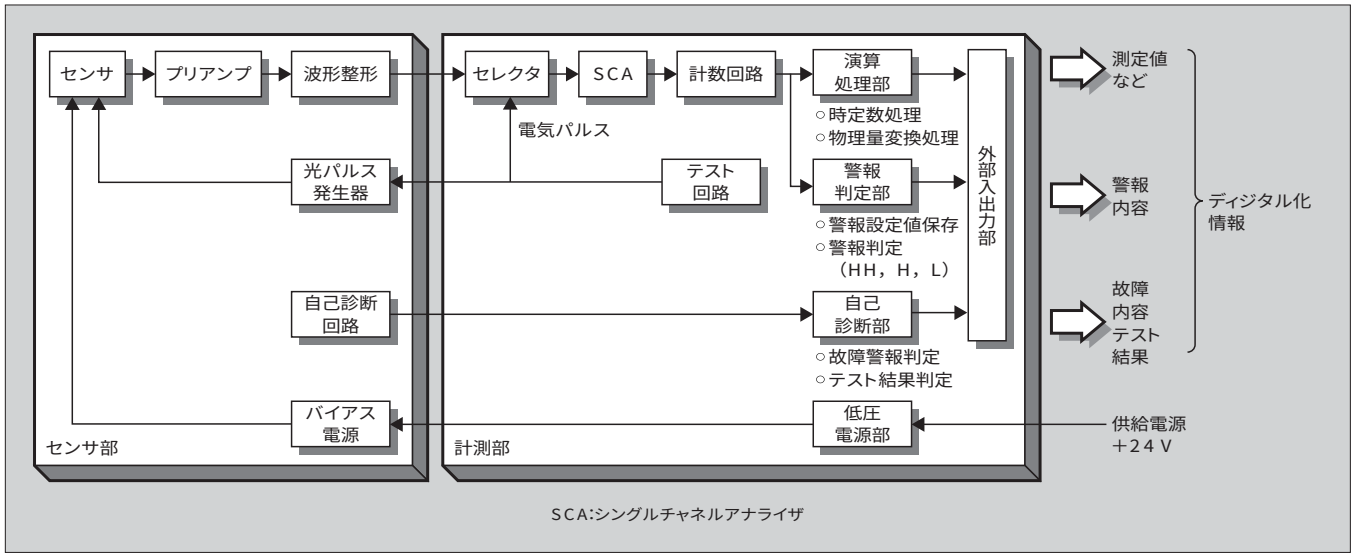


図3　放射線検出部の機能構成



⑤　温度異常常時監視

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ループ全体の健全性の確認を行う。光パルス周波数は，放射線監視盤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，測定範囲上限および下限まで計数することを確認する。

放射線検出部の主な仕様を**表1**に示す。また，一例としてn線エリアモニタを**図4**に示す。

また，中央への伝送のためのインタフェースの仕様は以下のとおりである。

①　伝送方式：IEEE-488規格（GP-IB）またはIEEE-802.3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　信号伝送システム

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，施設の規模に応じてシステム構築が可能であり，その一例を紹介する。**図5**にシステム構成を示す。

本システムは，1ループが最大30チャ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。

放射線監視盤では，プログラマブルコントローラ（PLC）

表1　放射線検出部の種類と主な仕様

モニタ種類	主要仕様	
	検出器	測定範囲
γ線エリアモニタ	半導体検出器	10^{-1}～10^{5} μSv/h
n線エリアモニタ	^{3}He比例計数管	10^{-2}～10^{4} μSv/h
α線ダストモニタ	半導体検出器	10^{-2}～10^{4} S^{-1}
β線ダストモニタ	半導体検出器	10^{-1}～10^{5} S^{-1}
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^{-1}～10^{5} S^{-1}
よう素モニタ	NaI（Tl）シンチレーション検出器	10^{-1}～10^{5} S^{-1}

図4　n線エリアモニタ

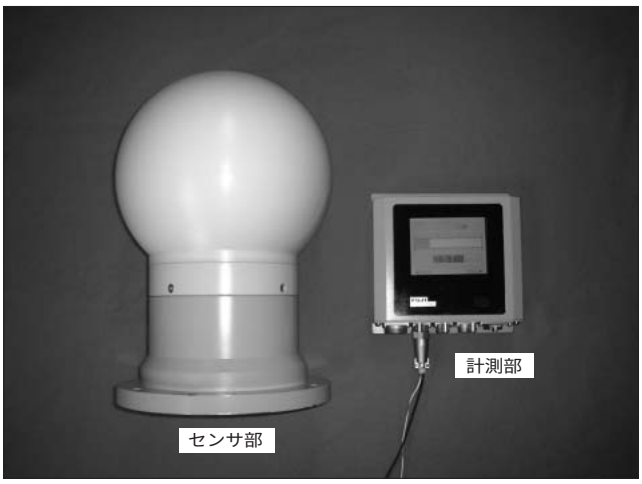
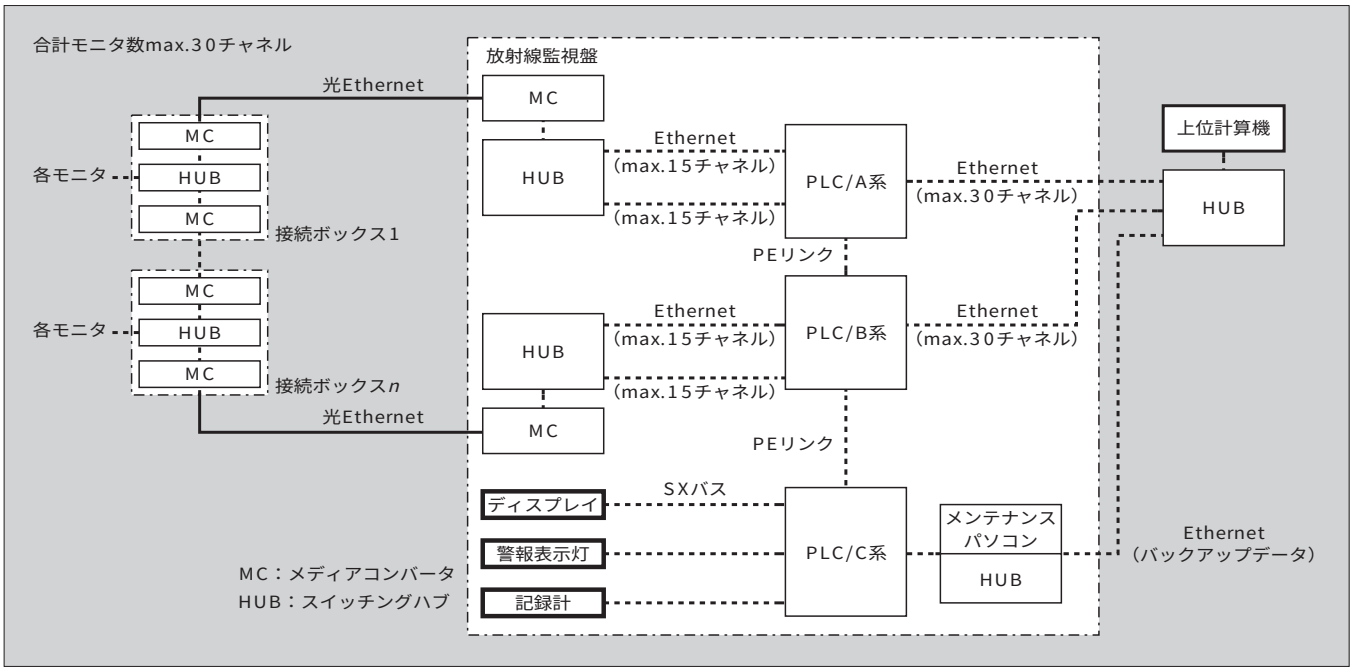


図5　放射線監視システムの構成



が A 系，B 系の 2 セット収納され，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 秒周期に伝送され，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。

⑤　放射線監視盤

放射線監視盤は，放射線モニタから送信される放射線データ，警報信号などを受信し，表示・記録するとともに，放射線管理用計算機にデータを伝送する機能を有する。

また，放射線モニタの遠隔自動点検指令，警報設定・変更操作などをタッチ式フラットディスプレイ上から行える機能を有している。

さらに放射線管理用計算機の故障を考慮し，数日間のデータバックアップを行っており，放射線管理用計算機の故障復旧時にオンラインでバックアップデータの送信が行える。なお，万一，放射線管理用計算機の復旧が数日間以上にわたる場合には，外部接続のパソコンにデータセーブを行える機能を有している。

図 6 に放射線監視盤の例を示す。この例は，タッチ式フラットディスプレイを 27 台組み込んだものであり，約 300 チャネルの放射線モニタを監視できるようにしたものである。

タッチ式フラットディスプレイは，最大 30 チャネルの放射線モニタのデータを表示できるものであり，カラー LCD ディスプレイが使用可能である。**図 7** にカラー LCD ディスプレイ上に表示した例を示す。

タッチ式フラットディスプレイ上で行う主な機能を以下に記す。

(1)　放射線データ表示機能：ディジタル表示および対数バーグラフ表示機能

(2)　警報表示機能：各チャネル個別に以下を表示
「HH」：放射線高高，「H」：放射線高，「L/TBL」：放射線低・モニタ故障

(3)　警報設定表示：バーグラフ右側に設定レベル表示。また，個別チャネルごとに数値表示

(4)　警報設定変更：タッチ操作により，個別チャネルごとに設定・変更可能

(5)　個別点検機能：タッチ操作により，以下のテストを個別チャネルごとに行える。
○光パルステスト　　○上下限校正
○警報テスト「HH」　○リニアリティテスト
○警報テスト「H」　　○外部信号テスト
○警報テスト「L」

(6)　モニタ状態：タッチ操作により個別チャネルごとにバイアス電圧値，ディスクリレベルなどのモニタの詳細データを表示する。

図 6　放射線監視盤の例

⑥　放射線管理計算機

放射線管理計算機は，放射線監視盤から伝送されたデータを受信し，放射線管理に有効な形にデータ処理を行い，画面や帳票を出力している。

放射線管理用計算機のハードウェア構成例を**図 8** に示す。各施設の放射線監視盤から基幹 LAN を介して放射線管理用サーバにデータが伝送され，データベースに一括保管される。放射線管理用サーバは二重化している。また，ハードディスクは各サーバ内でミラー構成としており，サーバ間，ハードディスク間の健全性のチェックを実施している。サーバのオペレーティングシステムには Solaris〈注 2〉を，データベースには ORACLE〈注 3〉を採用している。

各施設端末では，ブラウザソフトウェアをインストールすることで画面を見ることができ，特別なソフトウェアや設定作業が不要なため，端末増設が容易である。

放射線管理用計算機が行う主な機能を**表 2** に示す。放射線監視盤からのオンラインデータやその他のバッチデータは，施設内のマップ画面や施設外への放出系統図画面上に

〈注 2〉Solaris：(株)サンマイクロシステムズ製のオペレーティングシステム

〈注 3〉ORACLE：米国オラクル社製のリレーショナルデータベース

図 7　フラットディスプレイの表示例

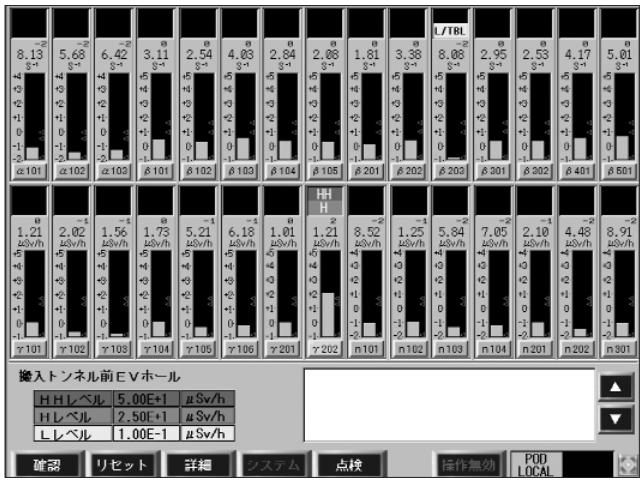


図８　放射線管理用計算機のハードウェア構成例

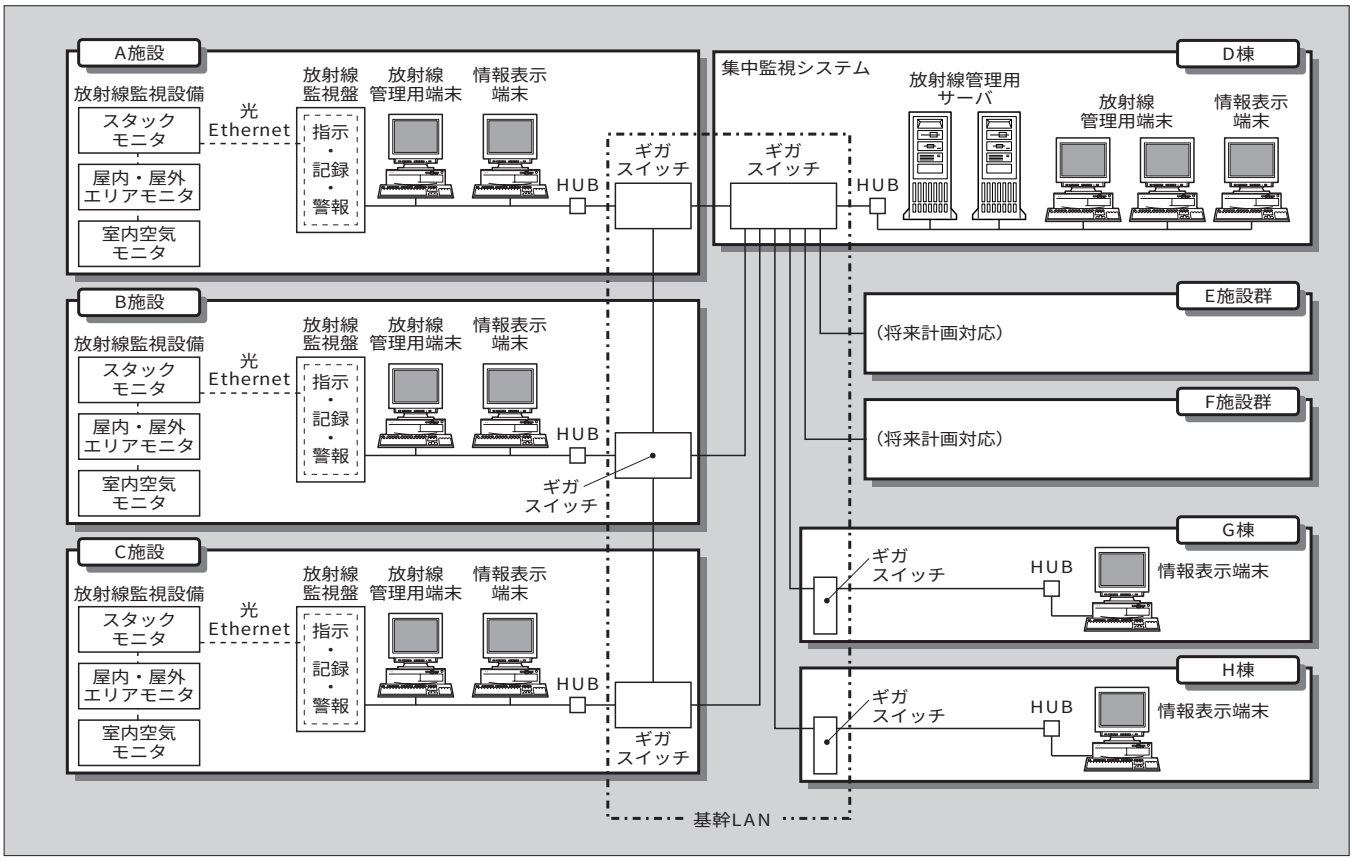


表２　放射線管理用計算機が行う主な機能

機能名	機能概要
システム管理	○二重化管理 ○警報メッセージ管理 ○セキュリティ管理
モニタ管理	○プロセスモニタデータ収集 （周期：2.5秒または10秒ごと），データ表示 ○プロセスモニタ状態監視（警報機能） ○帳票編集・出力
気象管理	○気象データ収集，データ表示 ○周辺公衆の線量評価 ○帳票編集・出力
データ管理	○モニタサーバのデータ管理 （1分値，10分値，1時間値，1日値）
区域管理	○区域区分管理
固体廃棄物管理	○廃棄物データ管理（封入データ，線量データなど） ○貯蔵庫搬出入管理 ○帳票編集・出力
放出管理	○放出放射能管理（気体・液体廃棄物など）
定期サーベイ管理	○定期サーベイ条件登録 ○定期サーベイ測定値登録 ○定期サーベイオンラインデータ登録 ○定期サーベイ報告書

表示するとともにトレンド出力も行える。マップは，測定場所の変更に対して，ユーザーが簡単に測定点の追加や変更を行えるようにしている。トレンド出力は，複数モニタの組合せ表示やリアルタイム表示が行え，関係部署での同時監視が可能である。

7　あとがき

本稿では，原子力施設向けに開発した大規模放射線監視システムについて報告した。これまでのシステムは，放射線という非常に微弱な信号を取り扱うという点で，大規模な放射線監視システムを構築するうえで問題があった。今回開発したシステムは，放射線計測特有の機能を放射線検出部に集約し，信号処理結果をディジタルコード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。

また，放射線管理用計算機については，Web 技術を採用したことによりデータの共有化を可能とした。一方，セキュリティ対策が重要な課題となってきており，信頼性の高いシステムを開発していく所存である。

参考文献

(1)　青木勝則ほか．NUCEF 放射線管理システム．FAPIG. no.135, 1993, p.25-32.
(2)　田辺健一．原子力発電所における放射線管理システムの開発．FAPIG, no.165, 2003, p.3-8.

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。