可搬型モニタリングポストの概要

石山　央存・土田　智宏・藤巻　廣司

Outline of Portable Radiation Monitoring Equipment for the Field Measurement (Mobile Monitoring Post).

Hisanobu Ishiyama, Tomohiro Tsuchida and Hiroshi Fujimaki.

In 2009, Niigata prefectural government increased number of “mobile monitoring posts” (portable radiation monitoring equipments for the field measurement) from six to twelve as a preparedness for emergency radiation monitoring around Kashiwazaki Kariwa nuclear power station. The instrument which consists of one or two types of radiation detectors, a GPS receiver, a data transmission device and some batteries can be carried into the fields using a car and serve for temporary measurement of air radiation dose. Main improvement for additional six posts was weight reduction of about 40 % from the previous model (from 75 kg to 45 kg, including some battery packs) by employing Li-ion batteries. In addition, a packet communication network using land-based cellular phone was adopted for the purpose of high speed and stable data transmission. Radiation dose rate and counting rate as well as GPS location information were collected at the PC automatically and plotted on the digital map covering all of Japan with 1:5,000 resolution. Below article outlines the new system.

Keywords: emergency field monitoring, remote monitoring and mobile monitoring post.

1　は　じ　め　に

新潟県では，新潟県地域防災計画（原子力災害対策編）に定める緊急時環境放射線モニタリング業務遂行のため[1)]，可搬型放射線モニタリングポスト（以下，可搬型 MP という）を保有している．

可搬型 MP とは，車両等により運搬し，野外設置して使用する放射線監視装置であり，測定データを無線等で自動送信することにより，任意の地点の空間放射線量率を連続監視できる特徴を持っている．当県では 2002 年 3 月に 6 台の可搬型 MP を整備しており，万一の発電所事故が起きた際に，11 局のモニタリングポストによる放射線量率測定の補助として使用するほか，これまでに発電所再起動時等における監視強化や，地震に伴う停電時の監視[2)]，また北朝鮮による核実験の際の全県調査[3)]などに活用してきた．

今回，2009 年 3 月には，さらに 6 台を増設整備して緊急時の備えを強化した．本稿では，このシステムの概要及び可搬型 MP を用いた当県の監視体制について紹介する．

2　機　能　概　要

2.1　システム構成

Fig. 1 に既設・新設のシステムによるデータ収集の概念図を示す．今回増設した 6 台の可搬型 MP のデータは，既設システムとは別系統のネットワークで収集・解析を行うこととし，放射線監視センターに専用収集装置を設置した．新旧 2 システムの各 6 台の可搬型 MP データは，それぞれの収集装置でモニタ及び解析が可能であり，異なる収集系のシステムを併用することで，可搬型 MP 全体の耐障害性を高める（一方がシステムダウンしても，他方でバックアップが可能）ことを目的とした．計

12 台のデータは最終的に財団法人原子力安全技術センター開発のモニタリング情報共有システム（以下, RAMISES という）のサーバへ送信し, 一括して RAMISES 端末での監視もできるように設計した.

また，当県ではこれまで可搬型 MP 専用の運搬車両は保有しておらず，運搬の際は上下のパーツに分解して試料採取車（SUV）に積み込むか，訓練時では他機関の運搬車（バン）を借用するなど，機動力が劣っていた．そこで今回の増設に合わせて運搬用車両も整備し，即時対応力を強化した.

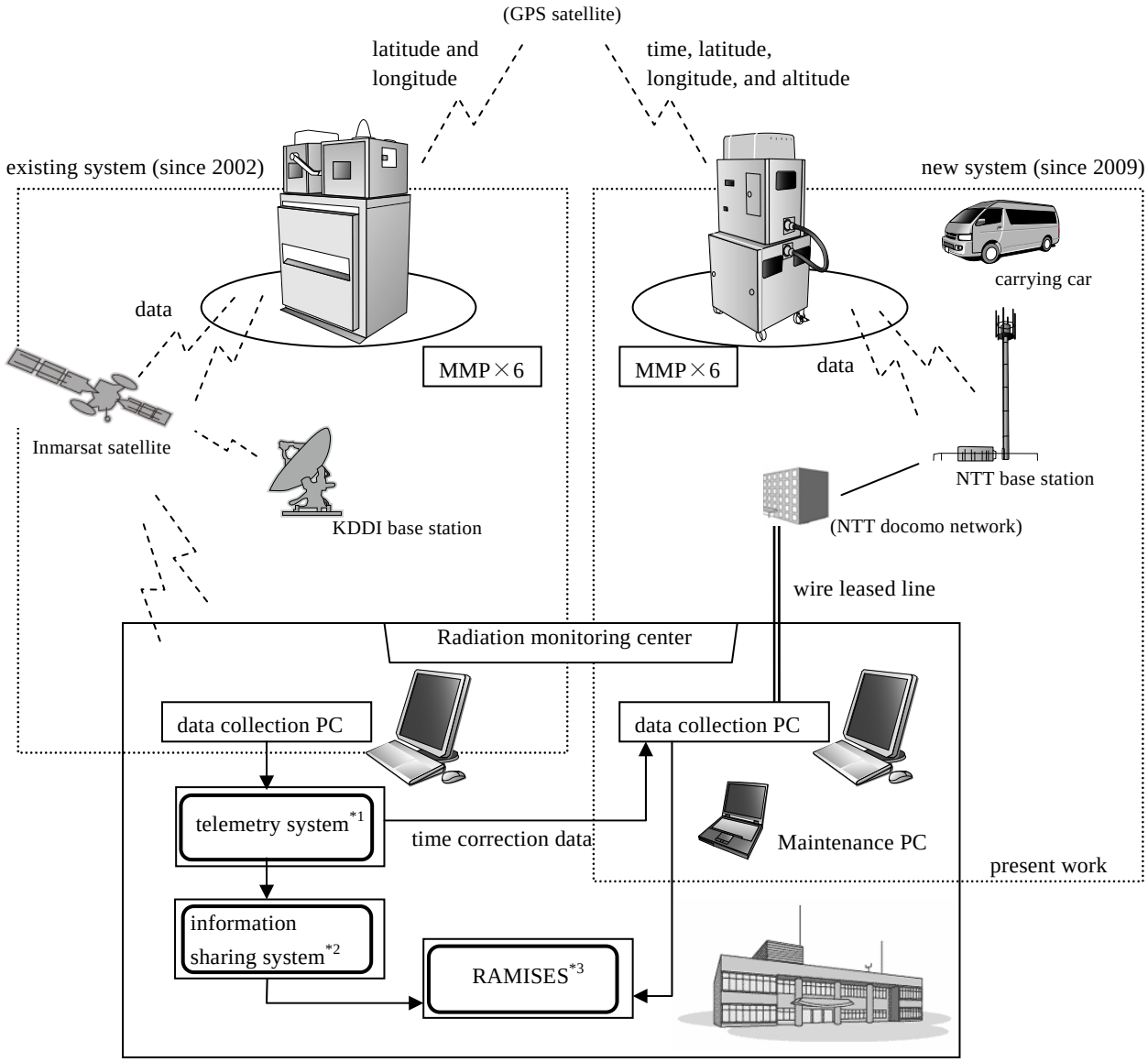


Fig. 1 Schematic drawing of remote monitoring system using mobile monitoring posts.
*1 and *2; see references of 4) and 5) for those outlines, respectively. *3; equipped in March, 2009.

2. 2 既設システムからの改良点

Fig. 2 に既設・新設の可搬型 MP の外形図を，Table 1 に特徴を示す．可搬型 MP の主用途は緊急時における屋外使用であり，求める機能としては，正確なデータが得られることは当然として，①運搬・設置及び測定操作の容易性・迅速性，②データの確実な伝達，③内蔵バッテリによる長時間運転性能，及び④風雨雪にさらされることを考慮した防水性等があげられる.

なかでも，今回の増設で重視したのは①に大きく影響する可搬型 MP 本体の軽量化である．既存装置ではバッテリ 2 パック搭載時の重量が 75 kg にも達するため，車両への積み下ろしや現地での設置操作に多大な労力を要するという欠点を持つ．使用を想定しているのが緊急時であり，迅速性が求められること，また実際に運搬・設置の作業にあたるのは他機関からの派遣要員であること等を考慮す

ると，軽くて扱いやすくすることは必須の課題であった．既存装置の重量の主因は，単体で約 18 kg になる鉛蓄電池を利用したバッテリパックであることから，より軽量なバッテリとしてリチウムイオン二次電池（以下 Li-ion 電池という）を利用することとした．これにより，新装置ではバッテリパック 1 つの重量は 4.5 kg となり，4 パック搭載時の可搬型 MP 重量を約 45 kg に軽減することができた．

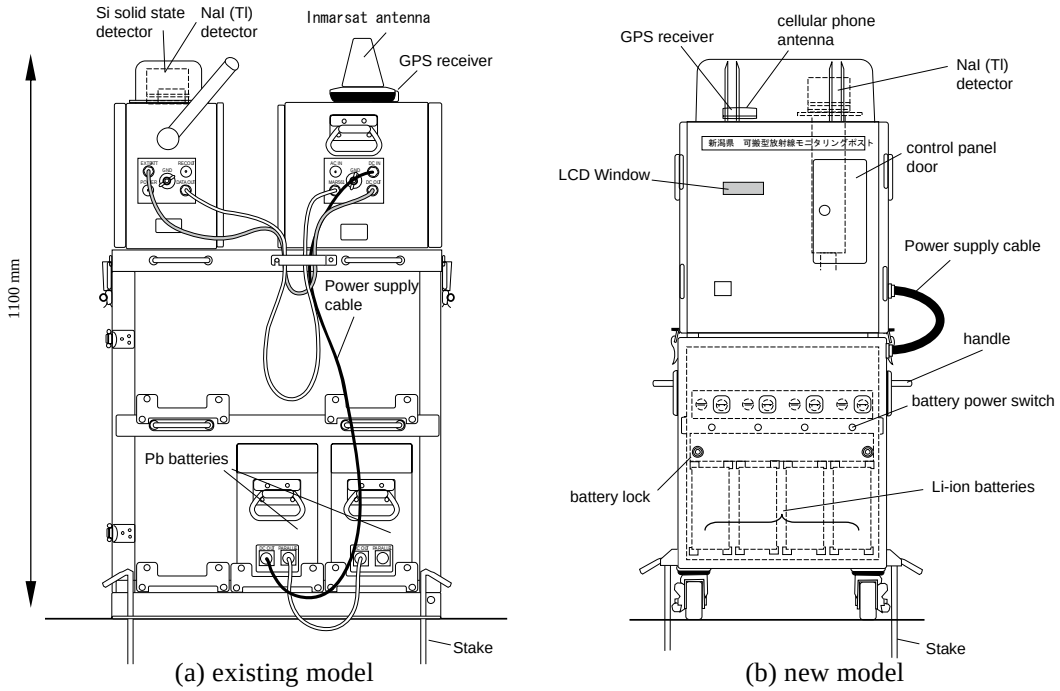


Fig. 2 Schematic drawing of mobile monitoring posts.

Table 1. Properties of mobile monitoring post.

	existing system (since 2002)	new system (since 2009)
number of MMP	six	six
battery	Pb (or commercial power supply)	Li-ion (or commercial power supply)
radiation detector	NaI (Tl) (BG to 10^4 nGy/h) SSD (10^4 to 10^8 nGy/h)	NaI (Tl) (BG to 10^8 nGy/h) (photon counting or current measurement)
measurement	time, latitude, longitude, NaI dose rate, SSD dose rate, battery level	time, latitude, longitude, altitude, NaI dose rate, SCA1, γ ray spectrum, battery level
data transmission	satellite transmission	closed packet network using land-based cellular phone (FOMA) module
transmission interval	10 or 60 min	10, 20, 30 or 60 min
body size	Width: 620 depth: 500 height: 1100 mm	Width: 520 depth: 700 height: 1120 mm
weight	About 75 kg (including 2 battery packs)	About 45 kg　(including 4 battery packs)

この結果，運搬車への積み下ろしや屋外での運搬作業が容易となり，万一の緊急事態に際しての迅速性が向上した．その他，運搬を容易にするためのキャスタも実装した．なお，新旧可搬型 MP ともに，現地設置後はボタンを 1 つで測定及び通信が開始するように設計した．

以下，上記①から④に関連して，増設したシステムの機器詳細を示す．システム設計に際しては，いくつかの先進県[6)]の取り組みも参考にした．

2.3 測定機器詳細

(1) 内蔵バッテリ

Li-ion 電池（Micro Vehicle Labo，LiB-25V）を採用した．Table 2 に新旧バッテリの比較を，Fig. 3 に

新バッテリと充電器の外観を示す.

前述したように，Li-ion 電池は鉛蓄電池に比べ，重量が 3 分の 1 以下で同等以上のエネルギ効率をもつ．また，サイズも小さいために，保管スペースも狭くて済む．装置 1 台につき最大 4 パックのバッテリを搭載し，この状態で 8 日程度の連続運転が可能である．6 台分×4＋予備用 12 として計 36 パックを整備した．8 日以上の長期測定を行う場合は途中でバッテリ交換が必要となるが，順次予備用バッテリを並列に接続して交換することで，装置を停止させずに測定継続できるようにした.

Table 2. Comparison of Pb and Li-ion battery.

battery type	Pb	Li-ion
size	Width: 345 depth: 150 height: 255 mm	Width: 210 depth: 160 height: 170 mm
weight	18 kg	4.5 kg
capacity	12 V, 35 Ah	24 V，about 20 Ah
recharge time	about 6 hr (from 50 to 100 %)	3 to 4 hr
shelf life	500 cycles	1600 cycles
self discharge	10 to 15 % discharge during month	low
recharge interval	every month (to avoid sulfation effect)	2 to 3 months (to compensate electricity consumption by the protection circuit)
memory effect	none	none

フル充電に要する時間は約 4 時間であり，充電した状態での自己放電は非常に少ないものの，付属の保護回路による電気消費が 3 ヶ月で約 25 %程度あるため，2〜3 ヶ月に 1 度の定期的な充電が必要となる．しかし，鉛蓄電池では，サルフェーション（負極表面での硫酸鉛結晶化現象）による劣化を防ぐために過放電を避け，使用しなくても毎月 1 回充電していることと比べると，充電頻度は低いといえる.

電池寿命については，仕様上の充電回数が約 1,600 回と鉛蓄電池よりも長く，仮に年間を通してバッテリ稼働し，毎週繰り返し充電したとしてもメーカ保証の 5〜6 年は十分に超える計算になるが，実際は使用しながら見極める必要があろう.

なお，可搬型 MP の稼動は，Li-ion 電池に限らず，外部商用電源や鉛蓄電池でも可能であるように設計した.

Fig. 3 A Li-ion battery and a power charger.

(2) 検出器

モニタリングカーと同様，電流計測モードを備えた NaI (Tl) シンチレーション式検出器（Ohyo Koken Kogyo, S-2881）を採用し，装置の軽量化・省スペース化を図った．可搬型 MP 上部保護カバーを外した状態の検出器等外観を Fig. 4 に示す．既設の可搬型 MP は，NaI (Tl)シンチレーション式検出器（低線量率用）と Si 半導体式検出器（高線量率用）の 2 種類の検出器を併用するタイプであるが，新システムでは NaI 検出器 1 本で，線量率のレンジに応じて低線量率域ではパルス計測モード，高線量率域では電流計測モードにより測定する．測定線量範囲を Table 1 に示した．なお，検出器実効中心の地上高は 1 m とした.

Fig. 4 Configuration of an NaI (Tl) scintillation detector, a GPS receiver and a FOMA antenna.

(3) 測定項目

空間放射線量率のほか，SCA 回路（Ohyo Koken Kogyo, PC6）も実装した．既設システムでは空間放射線量率のみの測定であるため，測定地点の天候状況をすぐに知ることができない状況で線量率が上昇した場合に，降雨に由来する上昇か否かの判断ができないという欠点がある．そこで，モニタリングポストでも採用している SCA 測定を可搬型 MP でも採用したものである. 降水中に含まれる主要天然核種である ^{214}Bi の 1.76 MeV ピークに着目し, これを含む 1.65～2.00 MeV のガンマ計数率（SCA1）を測定・収集する．また，収集装置側で線量率との比（RAT1 = NaI 線量率／SCA1）を算出して，合わせてモニタするようにした.

さらに，MCA（Ohyo Koken Kogyo, 750-3）も付加し，γ線スペクトルも測定できるようにした．ただし，スペクトルは情報量が多いために自動伝送は行わず，職員が手動で USB 経由により外部メモリストレージ等に転送する方式とした．外気温の変化等によるスペクトルピークのドリフトを補正するため，^{40}K ピークに対し，オートゲイン調整する機能も実装した.

位置・時間情報は GPS による（Fig. 4）．既存システムと同様，GPS による位置情報の取得は，電源投入後の最初の 1 回，もしくは可搬型 MP の GPS リセットスイッチを手動操作した場合のみである．従って, 本装置では位置を自動更新しながらの移動測定は想定していない. GPS 衛星より緯度経度（世界測地系）及び高度に加え，時間情報も取得して可搬型 MP の内蔵時計を調整する．なお，収集装置側の時間調整は，テレメータシステムのタイムサーバからの時間情報取得により行うこととした.

(4) 通信方法

地上波携帯電話（NTT docomo, FOMA）のパケット通信網（NTT docomo, “Business Mopera Access Premium” (FOMA type)）を採用し，既設システムのインマルサット（International Mobile Satellite Organization：国際海事衛星機構）衛星によるパケット通信（KDDI，Inmarsat C）方式とは別系統のデータ収集ラインを整備した．両者の比較を Table 3 に示す.

既設システムを整備した 2002 年当時, 地上波携帯電話の通話網は十分に発達しておらず, 柏崎刈羽地域においても, 山間部はもとより, 市街地の一部でも通信・通話ができないことがあった. 従って, 確実なデータ伝達のためには衛星通信を採用するのが現実的であった．しかし既設装置の使用実績によると，インマルサット C ではデータが地上局経由で到達するのに 5 分程度の時間がかかっており, 通信トラフィックの混雑度合いによっては 30 分以上の遅延が発生することがある. また, 輻輳に由来すると考えられる欠測が 0.1 %程度の割合で生じている．これに対し，2002 年当時に比べると，地上波携帯電話の通話可能エリアは近年急速に拡大してきており，加えてリモートモニタリングに適したネットワークサービスも利用できるようになってきた.

Table 3. Comparison of data transmission methods.

network type	existing system (Inmarsat C)	new system　(MOPERA, FOMA type)
network speed	600 baud	64 kbps
actual time from data transmission to terminal display	about 5 minutes	about 20 seconds
power consumption	standby:< 0.1 A, transmission: <6.1 A	standby: <2 mA, transmission: <0.5 A
congestion of the telephone lines	congestion at the base station would occurs (data loss of about 0.1 %).	congestion may occur if a large number of people use their cellar phones.
procedures for anti disaster or congestion	wire leased lines are not used. (only a base station is needed)	each FOMA are assigned for priority calls at the time of a disaster
network area	almost everywhere	NTT base station is needed.
communication charge	About ¥100 / datum	about ¥8,000 / (device・month)*

* in the case of continuous measurement for a month except monthly charge for basic use (¥800 per device), a terminal apparatus (¥7,000), a wire leased line (¥45,000), a consumption tax, etc.

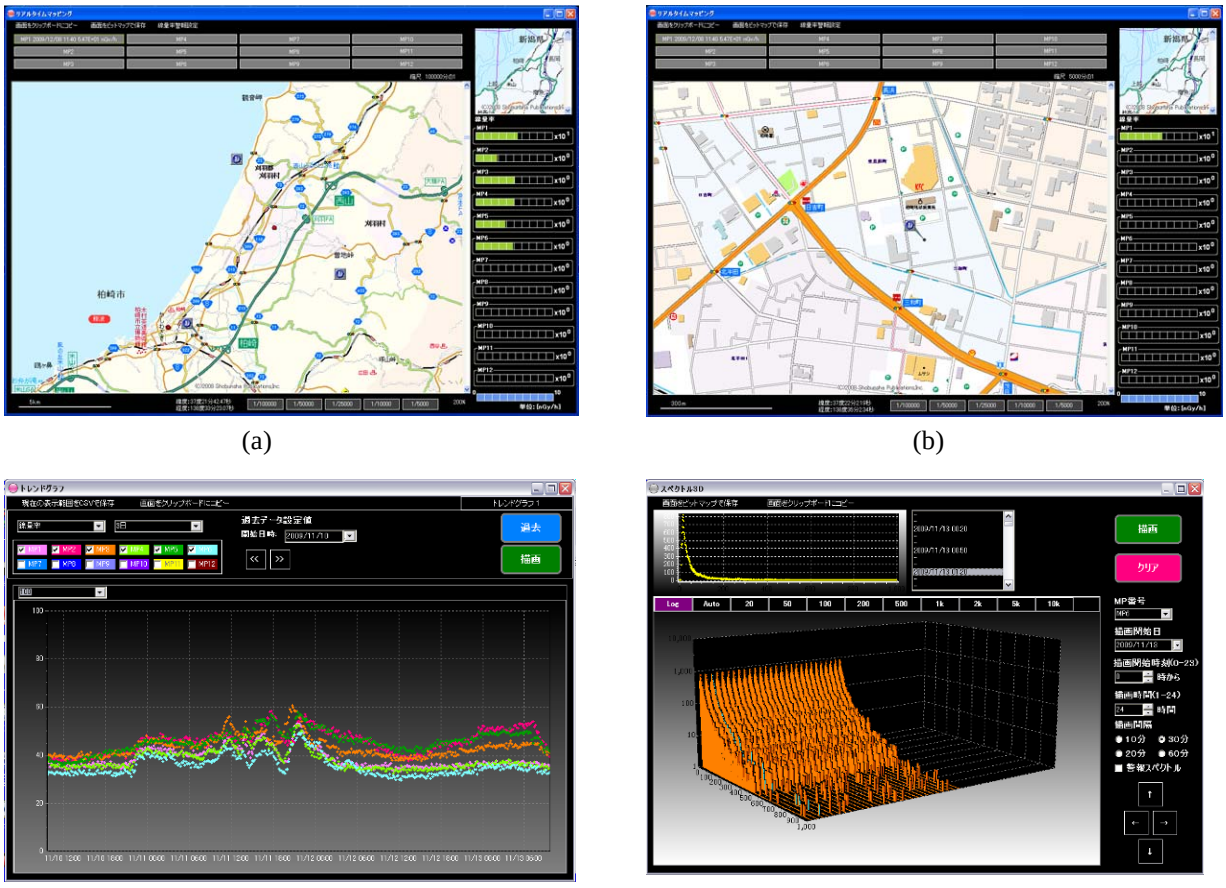
そこで，通信速度，ネットワークの堅牢性及び安全性（外部からの侵入防止等），装置増設の容易さ，消費電力及び通信コスト等を検討した結果，上記 NTT ドコモのサービスを採用した．なお，災害対策として，中越及び中越沖地震という過去二度の災害時に一般携帯電話では輻輳が生じ，つながりにくい状態となった経験を踏まえ，6 台の FOMA モジュールは全て県の災害時優先電話に設定して，災害時の通信状態を確保した．

両システムともに，オンラインデータ通信は収集装置側からのポーリングにより行い，電力消費を抑えるために通信モジュールは常時起動とせず，10 分毎に順番に自動起動し，データ伝送終了とともに自動停止する．

新システムでは，データ収集装置からの通信要求を受け，測定値を FOMA により NTT 基地局へ送る．さらに NTT ドコモのネットワークを経由して，放射線監視センターへは，増設に合わせて敷設した専用有線により伝送する．データ伝送は既設システムよりもスムーズとなり，ポーリングから収集装置にデータが表示されるまでの実収集時間が 20 秒程度となった．なお，ここでは Close 接続を採用したため，あらかじめ登録した FOMA 端末のみネットワークにアクセスでき，それ以外からの侵入は遮断される．また，子機の増設も容易であり，将来の増設可能性を考慮して，計 12 台までの 10 分値収集に対応した通信プログラムを設計した．

一方，既設システムでは，上述した欠点はあるものの地上有線を経由しないため，地震などによる断線等のおそれが少ないという長所をもつ．また，そもそも利用者が携帯電話ほど多くないため，輻輳による回線ダウンが生じにくいとも考えられる．従って，モニタリングの運用上は既存システムも引き続き活用し，状況に応じて収集系を使い分けることとしている．

(5) 収集装置及び解析ソフトウエア



(a)　(b)　(c)　(d)

Fig. 5 Some examples of monitoring windows on the data collecting PC.
(a) real time mapping (1:10,000)　(b) real time mapping (1:5,000)
(b) trends for dose rate　(d) gamma ray spectra

データ収集・解析・保存・表示等を制御する収集装置（NEC，98-NX FC-S16W）を放射線監視センターの中央監視室に設置した．ディスプレイ周辺のスリム化をはかり，キーボードとマウスは無線通信方式（Bluetooth）を採用し，PC 本体はテレメータや RAMISES のサーバ類を収めたラック内に収納した．この収集装置により，得られた時間・位置・線量率データ等をもとに，オンラインで最新値一覧表（リアルタイムモニタ），デジタル地図（Super Mapple Digital Ver. 9 Mapple X）及びトレンドグラフへのプロットを行う．データベースには Oracle 10g Release 2 を採用した．ここでも将来の増設可能性を考慮し，あらかじめ計 12 台の可搬型 MP データ収集に対応した設計とした．

Fig. 5 にモニタ画面の一例を示す．地図画面及び複数のトレンドグラフ画面を同時に表示可能である．デジタル地図の表示は，最大 5,000 分の 1 まで拡大可能であり，他県での原子力災害等に際し，当県の可搬型 MP を支援目的で使用する可能性も考慮して日本全国対応とした．地図上に該当装置の番号と設置地点を表示するほか，空間放射線量率は値の範囲で色分け可能なバーグラフで表示する．トレンドグラフは収集中のデータのほか，過去データも表示でき，平均，最大，最小などの統計処理が可能である．また，スペクトル解析については，複数データの 2D 表示での加減解析，3D 表示でのトレンド表示を行う．

なお，データ収集装置のほかに，オフライン解析及び装置保守を目的としたノート型 PC（Toshiba, dynabook Satellite K30）も備えた．

(6) 運搬車

可搬型 MP 専用の運搬車両として，リフト付 4WD バン（Toyota, Hiace long-van, CBF-TRH216K）を採用した（Fig. 6）．乗車定員は 5 名であり，後部荷室スペースには木製の土台（固定用フック付）を据付け，新設の可搬型 MP6 台を積載できるようにした．既設の可搬型 MP については 4 台積載可能である．耐荷重 300 kg のパワーリフトにより，容易に装置の積み下ろしを行うことができる．また，カーナビゲーションシステムも実装し，設置を想定するモニタリングポイントを地点登録した．

(a)　(b)

Fig. 6 The carrying car for mobile monitoring posts.
(a) front　(b) back with two types of mobile monitoring posts.

(7) 設置地点・運用方法

放射線監視センターの重要な責務として，万一の原子力災害時には，緊急時放射線モニタリングを行うこととなる．現実的には，災害はいくつかの予備事象を経て段階的に進行することが予想されるため，緊急時モニタリングは優先順位の高いものから実施することを想定している．最優先事項となるのは，放射線監視テレメータシステムの監視強化であり，ついでその補完及び安全情報提供の観点から，モニタリングカーまたは可搬型 MP による空間放射線量率の監視を行うことが考えられる．

柏崎刈羽地域の沿岸部では，日中の典型的な風向は北西から南西の広範囲の海風，反対に夜間は静穏または微風の陸風であり，特定の風向に偏るケースは少ない．従って，可搬型 MP の配置は発電所の陸側全域をカバーすることが求められるため，設置場所はあらかじめ Fig. 7 のように定めてあり，積算線量計の測定地点を利用することとしている．各地点はモニタリングポイントという位置づけで，

施錠可能なフェンスで囲まれた一坪程度の芝地として整備してあり，装置を設置しての無人の連続測定に適している．これまで長嶺局（Fig. 7 中の No. 16，以下同様），北野局（No. 20），吉井局（No. 19），三和町局（No. 14），安田局（No. 17）の各モニタリングポイント及び赤坂山浄水場（No. 28）の 6 地点を既設 6 台の装置でカバーしていたが，今回の増設に伴い，残り 6 局の北園町局（No. 12），下大新田局（No. 15），中田局（No. 18），広田局（No. 22），大湊局（No. 13），別山局（No. 21）にも配置できるようになり，全ての地点でのモニタリングが可能となった．

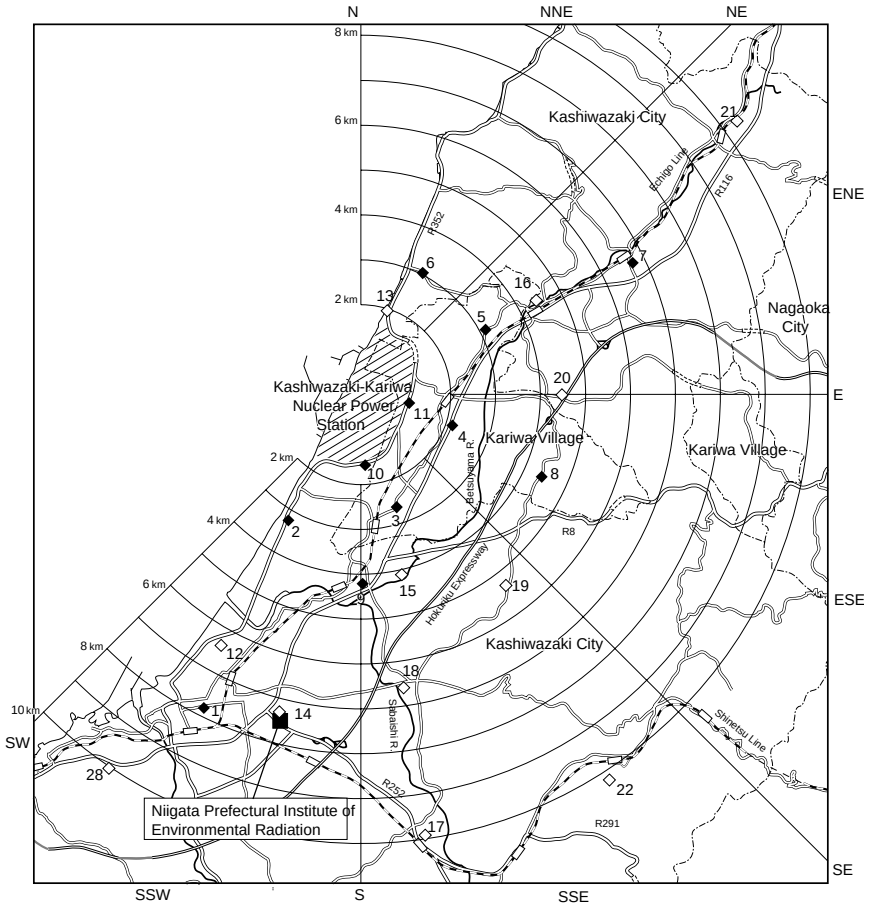


Fig. 7 Monitoring points around Kashiwazaki-Kariwa nuclear power station.
closed diamonds: monitoring posts for continuous measurement of air radiation dose (No. 1 to 11).
open diamonds: monitoring points for mobile monitoring posts (No. 12 to 22 and 28).

4 ま　と　め

2009 年 3 月に可搬型モニタリングポストをこれまでの 6 台から 12 台に増設した. 新設の装置では，Li-ion電池を採用して大幅な軽量化を図り，バッテリパック 4 つ搭載時の重量が 45 kgとなった．通信手段については，既設の衛星通信（インマルサットC）とは別系統の地上波携帯電話（FOMA）を用いたパケット通信網を整備し，データ送信の高速化・安定化を達成した．収集データに関しては，天然核種と人工核種の寄与を判別するためにSCA1（1.65～2.00 MeV）を新規に収集することとし，収集装置で線量率との比を算出・モニタできるようにした．また，測定地点を示すデジタル地図表示を充実させ，1:5,000 の解像度で日本全国をカバーし，万一の他県での原子力災害発生時に支援できるようにした．さらに，パワーリフトを備えた専用の運搬車両を整備し，運搬・設置作業の効率化をはかった．

これら新システムの導入により，発電所周辺地域の環境放射線監視機能を充実強化した．

謝　　辞

更新事業を行なうに際し，システム設計の参考のために宮城県原子力センター，石川県保健環境センター，福井県原子力環境監視センター，島根県原子力センター，鹿児島県環境放射線監視センター（順不同）をはじめとする各県の可搬型モニタリングポスト担当の方々には大変お世話になりました．ここに謝意を表します．

参　考　文　献

1) 新潟県 : 新潟県地域防災計画（原子力災害対策編 : 資料編）平成 21 年度 9 月修正，32-35 (2009).
2) 新潟県：新潟県放射線監視センター年報，3，12-13 (2005).
3) 春日俊信，坂上央存，笠原貢，藤巻広司，霜鳥達雄，加藤健二，山﨑興樹，中山久雄，殿内重政：新潟県放射線監視センター年報，5，35-44 (2007).
4) 丸田文之，加藤健二：新潟県放射線監視センター年報，2，52-55 (2007).
5) 坂上央存，丸田文之，藤巻広司：新潟県放射線監視センター年報，4，28-35 (2006).
6) 高山裕美，大西勝基：平成 17 年度福井県原子力環境監視センター所報，12，88-96 (2005).