

宮城県原子力センター年報

第 30 卷

平成 24 年

ANNUAL REPORT
OF
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY
RESEARCH INSTITUTE OF MIYAGI

VOL.30 (2012)

宮城県原子力センター

はじめに

このたび、平成24年度に当センターで行われました業務上の検討結果と関係資料を「宮城県原子力センター年報第30巻」として発刊しましたので、お届け致します。

当センターは、東北電力(株)女川原子力発電所（昭和59年6月から営業運転開始）の建設に伴って、周辺地域における環境放射能モニタリング（監視）等の業務を行うために、昭和56年4月に宮城県が女川町内に設置した施設です。

業務内容は、環境放射能モニタリングのほかに原子力関連の広報展示業務や緊急時環境モニタリング技術の維持・向上及び放射能・放射線に関する調査研究も含まれ、また、平成14年度からは隣接地に設置された宮城県原子力防災対策センター（通称、オフサイトセンター）の維持管理業務なども行って参りました。

しかし、平成23年3月に発生した東日本大震災の大津波により、測定施設や設備機器等の全てが流失又は使用不能という事態となり、平成24年4月からは仙台市宮城野区安養寺にある旧宮城県消防学校に仮移転して、女川原子力発電所周辺地域における環境放射能モニタリング（試料の前処理を除く）を再開させるとともに、東京電力(株)福島第一原発事故対応も行って参りました。

当所の再建については、業務に東京電力(株)福島第一原発事故対応が加わったことから、仙台市内に用地を確保して、当初は平成26年度当初の開所を目指しておりましたが、様々な状況から、さらに、もう一年仮移転が続くことになり、平成27年4月の開所を目途に、間もなく建設工事に着手することになっております。

このような「仮移転」という当所の再建の過程における、不自由な調査研究環境の中で行ってきた検討の結果でございますが、原子力センター業務の復旧状況を示す資料として、報告書の形で残しておくことも必要と考えました。

最後になりますが、広く関係者の方々に御高覧いただき、参考にしていただければ幸いです。

平成26年3月

宮城県原子力センター
所長 藤原 秀一

目 次

はじめに

第30巻(2012)

I 宮城県原子力センター概要	1
II 技術報告	
1 女川原子力発電所に対する環境放射線監視システムによる監視体制について (UPZ 圏内への監視体制の強化)	6
吉田直人, 石幡祐土, 長山美穂, 安藤孝志, 藤原秀一	
2 空間ガンマ線線量率の調査レベルの設定について	13
吉田直人, 石幡祐土, 長山美穂, 安藤孝志, 藤原秀一	
3 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後の東北電力(株)女川原子力発電所からの 影響評価について	17
新井康史, 安藤孝志, 藤原秀一	
4 環境放射能水準調査用固定型モニタリングポストの設置について	24
阿部郁子, 吉田直人, 安藤孝志, 藤原秀一	
5 福島第一原子力発電所事故後の宮城県における環境放射能の分布調査(1)	28
石川陽一, 新井康史, 阿部郁子	
6 可搬型ゲルマニウム検出器の導入と若干の測定事例	35
石川陽一, 新井康史	
7 海藻(アラメ)から検出された放射能濃度の部位別分布について	42
阿部郁子, 新井康史, 石川陽一, 安藤孝志, 藤原秀一	
III 学会発表等の要旨	
1 学会発表	46
2 誌上発表	46
IV 資料	
資料1 宮城県における環境放射能核種分析結果	47
(1) Ge半導体検出器による分析結果	50
(2) ^{90}Sr 分析結果	60
(3) ^3H 分析結果	60
(4) 文部科学省委託調査結果	61
資料2 環境試料の放射化学分析結果	66
資料3 移動観測車による宮城県内の測定(1)	72
資料4 食品の放射能簡易検査用 NaI(Tl)検出器	79

C o n t e n t s

Preface

I Outline of Environmental Radioactivity Research Institute of Miyagi	1
--	---

II Technical Papers

1 Enhancement of the Environmental Radiation Surveillance System for the Onagawa Nuclear Power Station	6
<i>Naoto Yoshida, Yuji Ishihata, Miho Nagayama, Takashi Ando, shuuichi Fujiwara</i>	
2 Setting Method of Investigation Level for γ-ray dose rate	13
<i>Naoto Yoshida, Yuji Ishihata, Miho Nagayama, Takashi Ando, shuuichi Fujiwara</i>	
3 Environmental Radioactivity Assessment around the Onagawa Nuclear Power Station after the Accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	17
<i>Yasufumi Arai, Takashi Ando, shuuichi Fujiwara</i>	
4 Setting of Environmental Radiation Monitoring Posts for Environmental Radioactivity Level Investigations	24
<i>Ikuko Abe, Naoto Yoshida, Takashi Ando, shuuichi Fujiwara</i>	
5 Radioactivity Distribution in Miyagi Pref. after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident (1)	28
<i>Yoichi Ishikawa, Yasufumi Arai, Ikuko Abe</i>	
6 A New Portable Ge-detector and some Data	35
<i>Yoichi Ishikawa, Yasufumi Arai</i>	
7 Distribution of Radioactivity in Parts of a kind of Brown Algae, <i>Eisenia bicyclis</i> (Arame).	42
<i>Ikuko Abe, Yasufumi Arai, Yoichi Ishikawa, Takashi Ando, shuuichi Fujiwara</i>	

III Abstracts

1 Conferences	46
2 Papers	46

IV Data

1 Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples	47	
(1) Results of Gamma-ray Spectrometry with Ge-detectors.		50
(2) Results of ^{90}Sr Analysis		60
(3) Results of ^3H Analysis		60
(4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture		61
2 Results of Radiochemical Analysis of Environmental Samples	66	
3 Measurements of Environmental Gamma-Ray Dose Rate in Miyagi Pref. by a Monitoring Car (1)	72	
4 NaI (TI) detectors for Convenient Measurement of Radioactivity in Food	79	

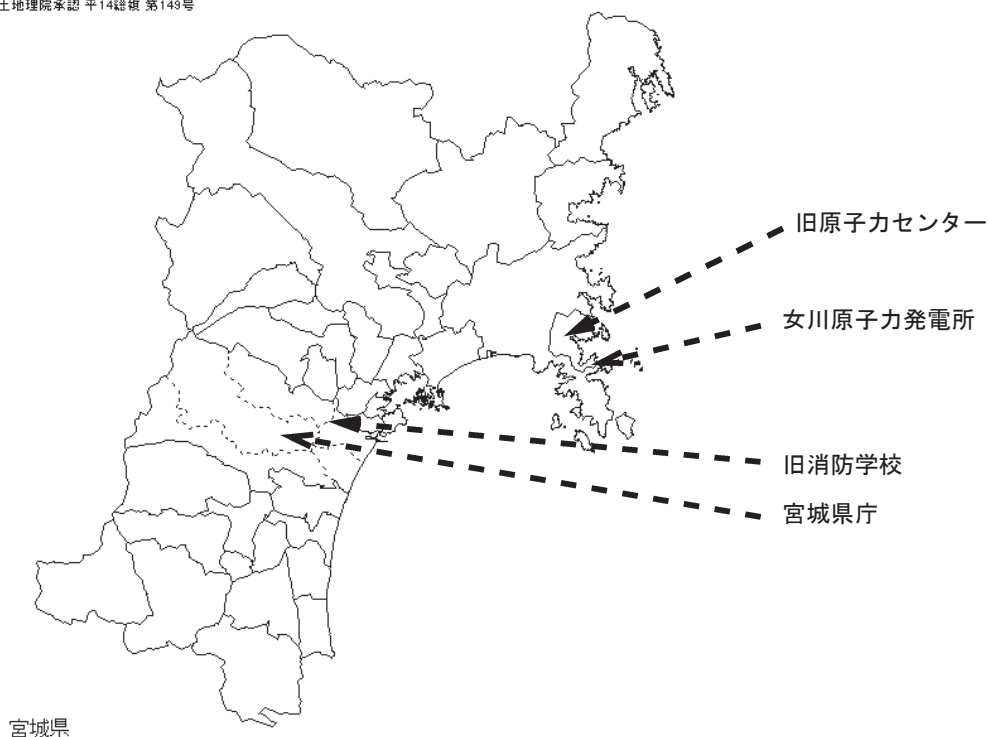
I 宮城県原子力センター概要

1 所在地

宮城県仙台市青葉区本町3-8-1 宮城県庁(平成24年3月31日まで)

宮城県仙台市宮城野区安養寺3-15-18 旧宮城県消防学校(平成24年4月1日から)

国土地理院承認 平14総撰 第149号



2 組織及び名簿 (平成24年4月1日現在)

職名 (担当)		氏 名	配属年月日
所 長		藤 原 秀 一	H 24. 4. 1
技術副参事兼次長 (総括担当兼班長)		安 藤 孝 志	H 22. 4. 1
次長 (庶務担当)		館 内 明	H 23. 7. 1
監視測定班	研究員	阿 部 郁 子	H 24. 4. 1
	研究員	長 山 美 穂	H 21. 4. 1
	技術主査	石 川 陽 一	H 24. 4. 1
	技 師	吉 田 直 人	H 23. 9. 12
	技 師	石 幡 祐 士	H 22. 4. 1
	技 師	新 井 康 史	H 23. 4. 1

平成24年	3月31日退職	所 長	石 川 陽 一
平成24年	4月 1日転入	所 長	藤 原 秀 一
〃	〃 転入	研究員	阿 部 郁 子
〃	〃 転入	技術主査	石 川 陽 一

3 東日本大震災後の復旧状況

東日本大震災後の復旧状況については、これまで第27・28巻及び第29巻で報告してきたところであるが、平成25年3月31日現在の環境放射線の監視体制及び放射能の測定体制について報告する。

(1) 環境放射線の監視体制

旧原子力センターで被災した中央監視局に代わり、宮城県庁13階原子力安全対策課に設置されていたバックアップサーバーにより、東日本大震災の被害を免れたモニタリングステーションを始め東北電力株式会社が設置している女川原発敷地内モニタリングポストを含めてインターネット上にリアルタイムで公開している。

全壊したモニタリングステーション4局については、その代替えとして、可搬型モニタリングポストを牡鹿半島5か所に設置し、平成24年4月から順次測定を開始した。

また、緊急時防護措置準備区域の概念が導入されたことにより、監視対象範囲が原子力発電所周辺30kmに拡大されたため、広域モニタリングステーション10局を新たに設置し、平成25年4月から電離箱線量率と気象の調査を開始するとともに、測定値をインターネット上にリアルタイムで公開することとしている。

移動観測車については、東日本大震災で被災したため、平成24年3月に再整備を図った。

(2) 積算線量の測定

熱蛍光線量計を設置していたモニタリングポストは、12か所中10か所が全壊したことから、その代替え地点として、小中学校及び応急仮設住宅等の10か所を選定し、積算線量計を蛍光ガラス線量計に変更の上、平成24年3月から測定を再開した（詳細については技術報告の章で述べる。）。

(3) 放射能測定状況

環境試料の放射能分析を再開するに当たり、乾燥・灰化等の前処理や化学処理の必要なストロンチウム及びトリチウムの分析については適切な施設が必要であることから、当面公益財団法人日本分析センターへ委託することとした。

当該委託業務については、今後建設する新たな監視施設において、被災した原子力センターと同等程度の能力を整備することとしており、その後は職員が自ら行うこととしている。

なお、生試料や前処理後のガンマ線核種分析については、ゲルマニウム半導体検出器1台を平成23年12月に旧宮城県消防学校に設置し、翌年1月から再開した。

(4) 福島第一原子力発電所事故への対応

本県における放射線に係る福島事故の影響を把握するため、県南地域の白石市及び丸森町に平成24年2月に、山元町に平成24年4月に可搬型モニタリングポストを

設置し、原子力センターにおいてリアルタイムで監視を行っているほか、放射能情報サイトみやぎあてに毎日9時の測定値を報告している。

また、文部科学省からの受託事業である放射能水準調査の一環として、県内一円の環境放射線線量率の分布とその推移を把握するため、平成24年3月に5合同庁舎及び気仙沼保健福祉事務所の計6地点に固定型モニタリングポストを設置し、測定を行っている。なお、震災前まで保健環境センター本庁舎屋上に設置していたモニタリングポストについては、当該庁舎が全壊となったため、隣接の微生物棟屋上に設置場所を変更した。

放射能については、平成23年11月に整備されたNaI検出器2台及び平成24年3月に整備されたゲルマニウム半導体検出器1台により、流通食品や飲料水等に係るガンマ線核種分析業務を担当している。

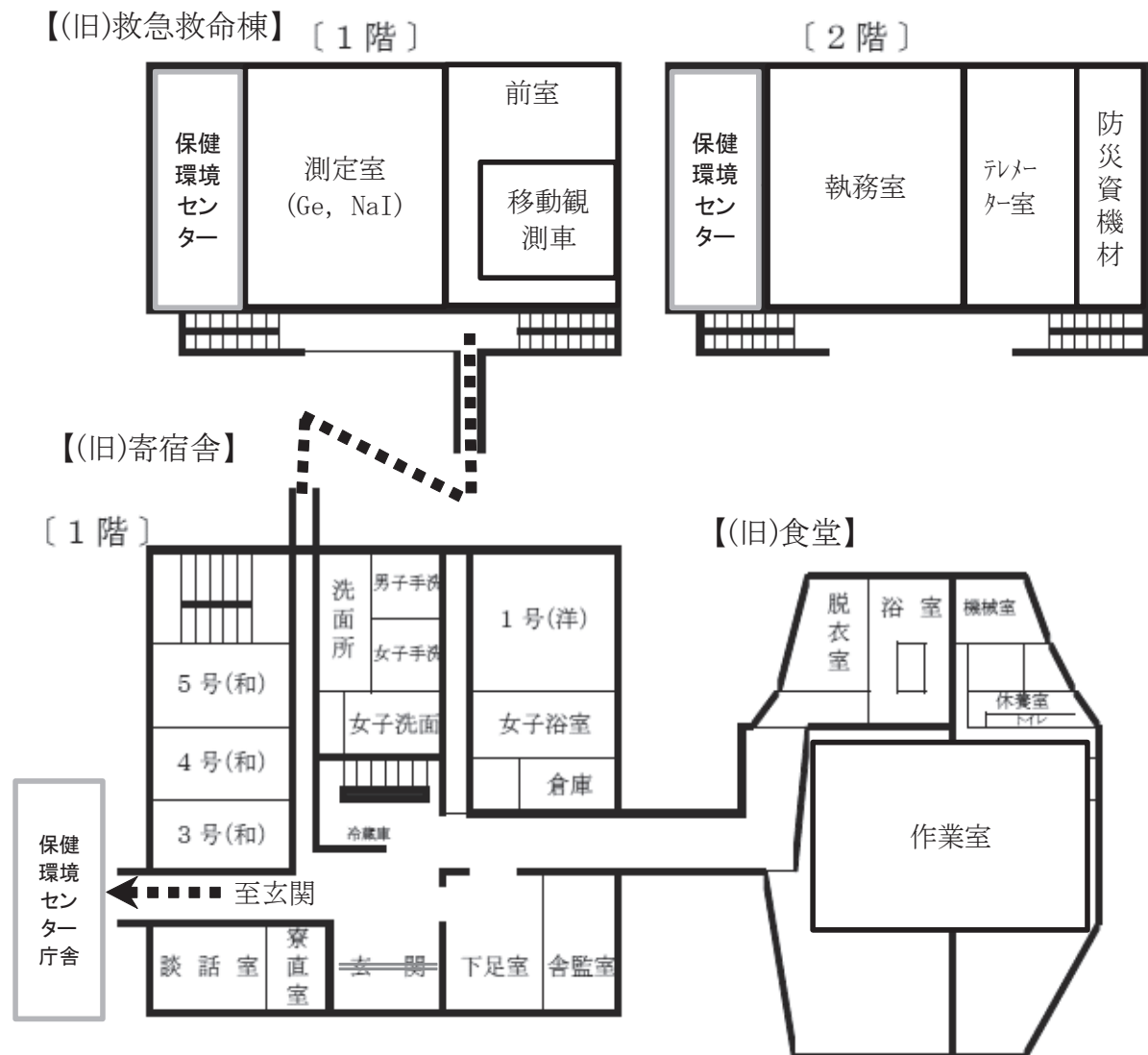


図 原子力センター配置図(旧消防学校)

4 主要設備・機器（重要物品）

2013年(平成25年)3月31日現在

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
監視・測定用	1 気象測器 風向風速発信器	小笠原計器(株)・WS-B56 他	3台	H20	女川局, 小屋取局, 寄磯局
	2 γ 線標準照射装置	ポニー工業(株)・PSR-102 MS型	1台	H22	
	3 高純度ゲルマニウム半導体検出器	ORTEC(セイコー・インジウム・システム(株)・GMX25P4-70-RB-B 他	1台	H23	電気冷却式, サンプルチェンジャー付き
	4 検体採取車	トヨタハイエース, 2690cc	1台	H23	
	5 ポータブルゲルマニウム γ 線核種分析装置	セイコー・インジウム・システム(株)・Trans-SPEC-DX-100T 他	1台	H23	
	6 移動観測車	スバルフォレスター, 1990cc	1台	H23	NaI検出器(スペクトル解析可)搭載
	7 自動液体濃縮装置	(株)星理科学器械・マントルピーター 他	1式	H24	
	8 可搬型モニタリングポスト	応用光研工業(株)・HND-304A 他	6台	H23	尾浦局, 渡波局, 塚浜局, 大原局, 鮎川局, 予備
	9 可搬型モニタリングポストデータ処理装置	応用光研工業(株)・FC-S21W 他	1式	H23	
	10 広域モニタリングステーション	富士電機(株)・アルミサンドイッチパネル 他	10式	H24	石巻稲井局, 雄勝局, 河南局, 河北局, 北上局,
	11 電離箱検出器	富士電機(株)・NCE207K	10式	H24	鳴瀬局, 南郷局, 涌谷局, 津山局, 志津川局

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
	12 固定型モニタリングポスト	日立アロメテック(株)・MAR-22他	7台	H24	保健環境センター、大河原合同庁舎、大崎合同庁舎、栗原合同庁舎、登米合同庁舎、石巻合同庁舎、気仙沼保健福祉事務所(放射能水準調査用)
	13 高純度ゲルマニウム半導体検出器	セイコー・インスツル(株)・GEM25型 他	1台	H24	放射能水準調査用
	14 ダスト・ヨウ素モニタ	日立アロメテック(株)・DMS-R41-21087	1台	H12	小屋取局
	15 電離箱式放射線監視装置	日立アロメテック(株)・RIC-388 他	3台	H12	女川局、小屋取局、寄磯局
	16 標準線量計	ポニー工業(株)・AE-1326 他	1台	H17	
	17 ダスト・ヨウ素サンプラー	応用光研工業(株)・S-2766	1台	H18	女川局
	18 蛍光ガラス線量計	AGCテクノグラス(株)・FGD-252	1台	H19	
	19 環境放射線測定装置(線量率測定演算部)	日立アロメテック(株)・ACE-451	3台	H11	女川局、小屋取局、寄磯局
広報	1 可搬型モニタリングポスト	応用光研工業(株)・HND-304A 他	3台	H23	山元局、丸森局、白石局
その他	1 原子力防災用車輛	トヨタアルファードハイブリッド	1台	H24	

II 技術報告

女川原発に対する環境放射線監視システムによる監視体制について

－UPZ 圏内への監視体制の強化－

吉田直人，石幡祐士，長山美穂，安藤孝志，藤原秀一

福島第一原発事故前までは，原子力防災対策を重点的に充実すべき区域として，発電所から8～10kmとされていた範囲が，同事故の影響を踏まえ，緊急時防護措置準備区域（UPZ）が設定されて30kmまで拡大された。UPZの設定を受け，地域住民の安全安心を確保することを目的として，拡大された監視対象区域に新たにモニタリングステーションを増設し，環境放射線監視システムの増強を行い，UPZ圏内の監視体制を構築した。

I はじめに

当センターでは，東北電力女川原子力発電所（以下，「発電所」という）1号機が1984年に運転を開始するのに先立ち，発電所周辺の空間ガンマ線線量率（以下「線量率」という）について，1981年度から環境放射線監視システム（以下「システム」という）による常時監視を行ってきた。

このシステムは，発電所周辺に設置したモニタリングステーション（以下「MS」という）で測定した線量率や気象のデータに加え，発電所中央監視局からの測定データを収集して解析を行うとともに，女川町などに配備した副監視局やインターネット上でデータ公開を行うものである。2011年3月に発生した東日本大震災（以下，「震災」という）により，中央監視局をはじめとしてシステムの大部分が被災したが，災害対策^{1) 2)}として県庁サーバを導入していたこと等により，被災を免れたMSの商用電源が回復した時点から監視を再開することができた。

一方，全壊したMS4局の代替となる測定体制を早急に復旧させる必要があったが，津波で壊滅した集落を対象としたMSについては，地域の復興計画等にあわせて測定地点を再検討する必要があることから，可搬型のモニタリングポスト（以下「可搬型MP」という，図1）を発電所周辺5地点（旧女川町立女川第三小学校（仮設住宅），宮城県水産技術総合センター，女川原子力発電所PRセンター，石巻市立大原小学校，石巻市役所牡鹿総合支所）に配備し，測定不能となった地域を補い，被災を免れたMSと併せて発電所の全方位を監視できる代替測定体制を構築した（図2）。

さらに，東京電力福島第一原子力発電所事故（以下「福島第一原発事故」という）を受けた監視区域拡大対応として広域MSを新設することとした。



図1 可搬型MP

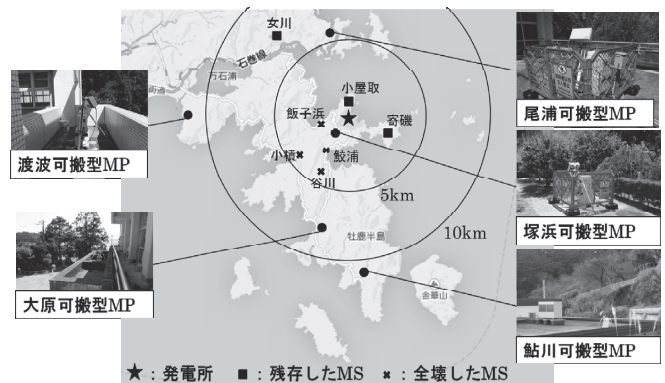


図2 広域MS配備前の監視体制

II 福島第一原発事故の影響による監視体制の拡大

1 監視対象区域の拡大

震災前までは、原子力防災対策を重点的に充実すべき区域として、発電所から8~10kmとされていた範囲が、福島第一原発事故の影響を踏まえ、緊急時防護措置準備区域(以下「UPZ:Urgent Protective Action Planning Zone」という)が設定されて30kmまで拡大された。

2 広域MSの配備

住民の安全安心を確保することを目的として、UPZ圏内の10地点に新たなMS(以下「広域MS」という、図3~図12)を緊急に配備することとした。配備地点は、震災による被害が少なかった公共用地の中から、福島第一原発事故後設置したモニタリング機器(各合同庁舎設置固定式MP等)の配備状況や、電源および通信回線確保の可否等を考慮し、立地市町村を除きUPZの対象となった東松島市、美里町、涌谷町、登米市および南三陸町にそれぞれ1地点(東松島市鳴瀬総合支所、美里町小島集落センター、涌谷町大谷地運動公園、登米市津山総合支所駐車場、宮城県志津川自然の家)、立地市である石巻市内に5地点(石巻市立大須小学校、石巻市立北上中学校、石巻市河北総合支所、石巻市稲井公民館、石巻市河南中央公園)とした(図13)。



図3 志津川局



図4 津山局



図5 涌谷局



図6 南郷局



図 7 鳴瀬局



図 8 北上局



図 9 河北局



図 10 雄勝局



図 11 石巻稲井局



図 12 河南局

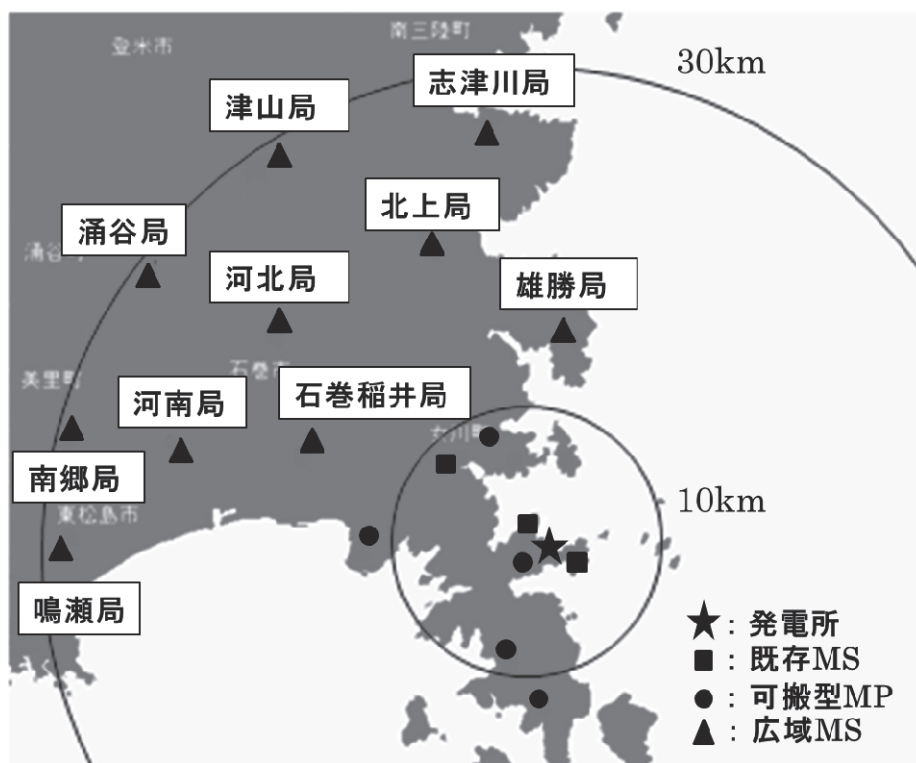


図 13 広域モニタリングステーション配備地点

3 広域 MS の配備

①測定機器

発電所から 10km 圏内の MS および可搬型 MP において、スペクトル測定による発電所からの予期せぬ放射性物質放出の監視体制を既に構築していたことから、広域 MS では、特に緊急時における住民の被ばく評価を第一の目的とし、平常時から緊急時の高線量率までの広範囲の線量率を測定可能である電離箱検出器（図 14）を使用することとした。また、線量率変動の原因調査等のため雨量計及び感雨計（図 15）を設置した。さらに、放射性物質の拡散方向の予測の一助として風向風速計（図 16）を設置した。なお、各測定器への電源供給は商用電源を用いているが、耐雷トランス（図 17）により落雷による高電圧、大電流から測定器の保護を図った。

②テレメータ装置

広域 MS 局舎内に県庁局と専用回線で接続されたテレメータ子局装置を設置し、測定器からの入力信号より線量率を演算し、県庁局からの送信要求信号に応じて線量率等の測定データを伝送するシステムを構築した。さらに、局舎内にテレメータ子局装置と接続した LED 表示盤（図 18）を設置し、テレメータ子局装置から出力された線量率の測定データを表示することで、住民が線量率情報を現地で確認できるようにした。また、装置への電源供給は商用電源を用いているが、無停電電源装置（図 19）を設置し、停電時の装置の保護を図った。



図 14 電離箱検出器

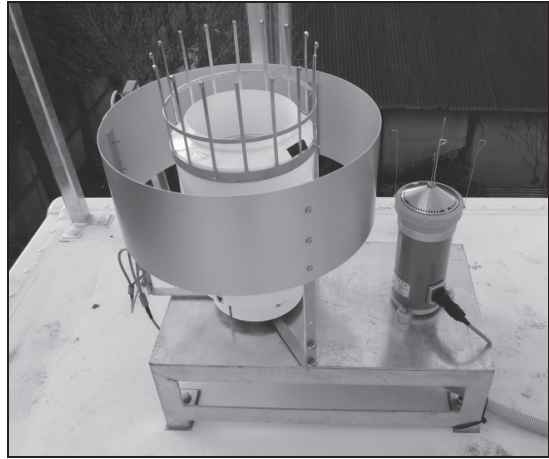


図 15 雨量計・感雨計



図 16 風向風速計

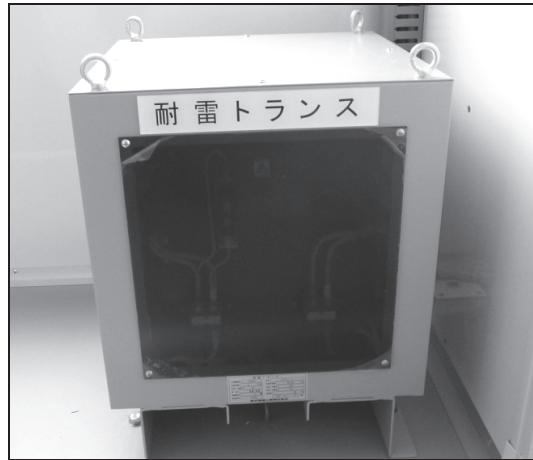


図 17 耐雷トランス



図 18 LED 表示盤



図 19 無停電電源装置

4 監視対象区域の拡大に伴うシステムの機能強化

広域 MS で測定したデータについて、既存の MS と同様に県庁局に設置したインターネットサーバによりインターネット公開等を開始した。システム概略を図 20 に示す。

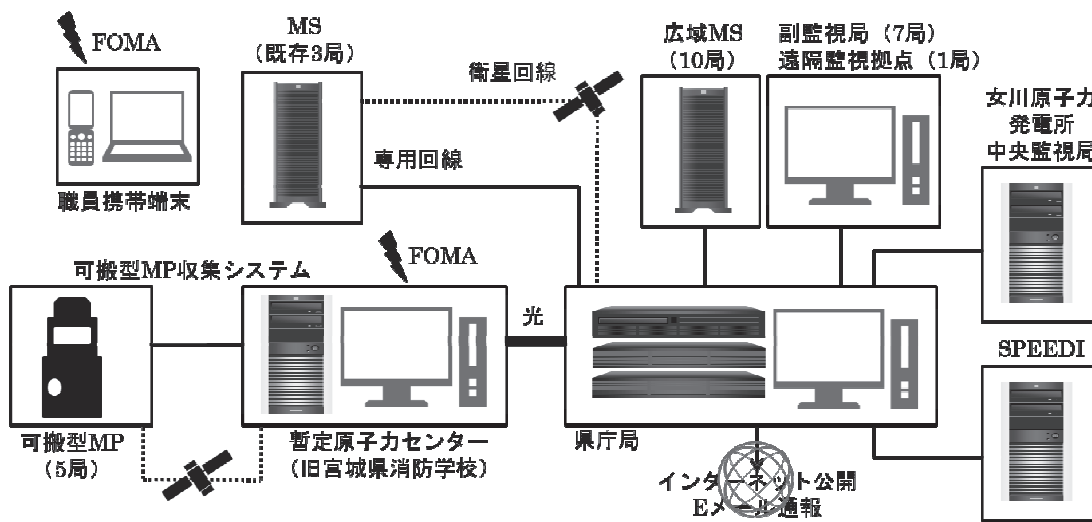


図 20 環境放射線監視システム概略図

①県庁局機能強化

既存の MS および可搬型 MP の測定データを緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (以下、「SPEEDI」という) へ伝送する機能を追加した。また、広域 MS 及び可搬型 MP における測定データの収集解析を可能とした。

②副監視局

新たに原子力防災対策を重点的に充実すべき区域とされた登米市、東松島市、涌谷町、美里町および南三陸町の各市役所等に、県庁局と専用回線で接続された副監視局端末



図 21 副監視局

(図 21) を配備した。副監視局端末では、インターネット回線に接続することなく、県庁局で収集した測定データの確認をすることができる。また、女川町にある県職員宿舎内には、県庁局と専用回線で接続された操作端末を配備し、発電所から 10km 圏内において、システムを制御できる監視拠点を設けた。

③インターネット公開

住民向けのインターネット公開画面 (<http://www.miyagi-gc.gr.jp/map.html>) を改訂し、既存の MS に加えて可搬型 MP 及び広域 MS の測定データについても、10 分毎に自動更新する地図上表示画面 (図 22) や時系列グラフ (図 23) をリアルタイムで公開するようにした。なお、本システムにより公開する情報は、特に災害時に情報配信を継続できることが重要である。また、10 分毎の更新によるサーバに対する負荷が大きいことから、専用のインターネットサーバとプロバイダを介して公開を行っている。

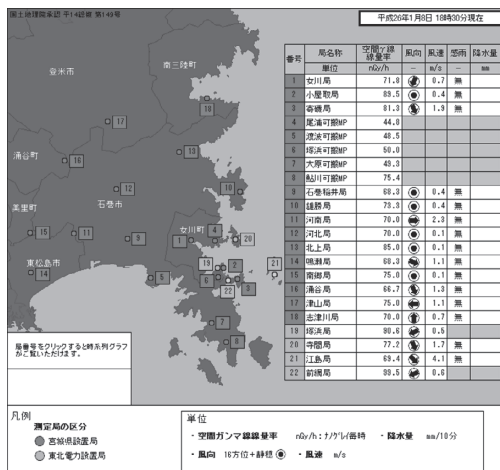


図 22 地図上表示画面

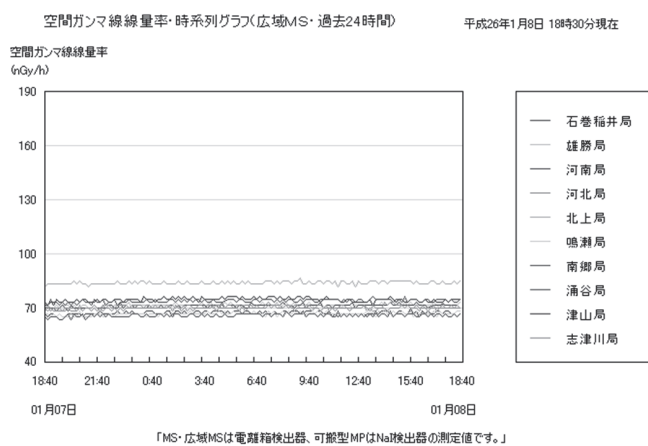


図 23 時系列グラフ表示画面

III 今後の方針

UPZ 圏内に増設した広域 MS の測定データについても既存の MS と同様に SPEEDI への伝送を開始し、放射性物質の拡散予測に寄与する計画である。また、平成 26 年度中に広域 MS への衛星回線の敷設及び自家発電装置の設置により、通信及び電源の二重化を行う計画である。さらに、平成 26 年度完成予定の原子力センター新庁舎内に新たに中央監視局を設置するので、県庁局を本来の県庁バックアップサーバに戻し、災害対策とすることとしている。

IV 参考文献

- 1) 高橋正人 ほか、宮城県原子力センター年報，第 26 巻，p29-30，2008。
- 2) 長山美穂 ほか、宮城県原子力センター年報，第 27 巻，p27-29，2009。

空間ガンマ線線量率の調査レベルの設定について

吉田直人, 石幡祐士, 長山美穂, 安藤孝志, 藤原秀一

当センターでは、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故（以下「福島第一原発事故」という。）の影響により空間ガンマ線線量率のバックグラウンドレベルが上昇したことを受け、調査レベルの設定方法を暫定的に変更し女川原子力発電所からの予期せぬ放出を監視してきたところである。しかし、福島第一原発事故発生から約2年が経過し、空間ガンマ線線量率の減衰（主に放射性セシウムの減衰によるもの）が緩やかになってきている事象が認められたことから、調査レベル設定方法の見直しを行った。見直しの結果、「前四半期の平均値+2 σ （前四半期）」とすることで現行方式と同程度の精度で監視が出来ることがわかった。

I はじめに

平常時モニタリングにおいて、測定条件等が良く管理されており、かつ原子力施設が平常運転を続けている限り、測定値の変動はある幅の中に納まるはずであり、この幅は「平常の変動幅」とされている。平常の変動幅は、多数の測定データをふるい分け、原子力施設からの予期せぬ放射能（線）を検出するために有効であり、有意な測定値が得られた場合の平常の変動幅は、「過去の測定値の平均値±（3×標準偏差）」とされている¹⁾。本県では福島第一原発事故前まで、この概念を基に「過去2年度の平均値+（3×標準偏差）」を調査レベルとして、女川原子力発電所からの予期せぬ放出の監視手段の一つとしてきた。しかし、福島第一原発事故で一般環境に放出された放射性セシウムの影響により空間ガンマ線線量率のバックグラウンド値（以下「BG」という）が上昇し、この考え方による監視が困難となった。そこで、放射性セシウム寄与分線量率の経時的な減衰によるBGの変動を考慮し、2011年6月からは暫定的に「前月平均値+2009・2010年度標準偏差の2倍」を調査レベルとしてきた。しかし、福島第一原発事故から約2年経過した時点で、主に放射性セシウムの減衰に依存した空間ガンマ線線量率の減衰傾向が緩やかになってきていることから、調査レベル設定方法の見直しを行った。

II 福島第一原発事故後の調査レベルの設定方法の検討について

震災の被害を免れたモニタリングステーション計7局（宮城県3局、東北電力(株)4局）それぞれについて、2012年7月～12月までの測定値を基に、空間ガンマ線線量率の平均値及び標準偏差の推移状況を調べ、調査レベル設定方法を検討した。

表1～表4に宮城県3局及び東北電力4局の空間ガンマ線線量率の平均値及び標準偏差を示す。

表1 空間ガンマ線線量率平均値の推移（宮城県）

項目	単位:nGy/h					
	女川		小屋取		寄磯	
	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
2012年7月	73.5	16.2	100.0	35.9	88.8	27.0
2012年8月	73.0	15.9	99.5	35.7	88.4	26.7
2012年9月	73.1	15.8	99.3	35.7	89.1	26.8
2012年10月	73.4	16.0	98.3	34.9	88.4	26.5
2012年11月	73.2	15.8	98.0	34.5	88.0	26.1
2012年12月	72.9	15.8	97.6	34.2	87.8	25.9
2012年7～9月	73.2	16.0	99.6	35.8	88.8	26.8
2012年10～12月	73.2	15.9	98.0	34.5	88.1	26.2

表2 空間ガンマ線線量率標準偏差の推移（宮城県）

項目	単位:nGy/h					
	女川		小屋取		寄磯	
	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
2012年7月	3.3	1.7	3.8	1.9	3.3	1.7
2012年8月	1.5	0.9	1.3	0.7	1.4	0.6
2012年9月	1.9	1.0	1.8	1.0	1.8	0.9
2012年10月	3.0	1.4	2.9	1.6	2.7	1.3
2012年11月	2.3	1.0	2.3	1.1	2.0	0.9
2012年12月	2.5	1.1	2.7	1.3	2.3	1.0
2012年7～9月	2.4	1.2	2.5	1.3	2.4	1.2
2012年10～12月	2.6	1.2	2.7	1.4	2.4	1.1
2009～2010年	2.4	1.1	2.6	1.3	2.4	1.0

表3 空間ガンマ線線量率平均値の推移（東北電力）

項目	単位:nGy/h							
	塚浜		寺間		江島		前網	
	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
2012年7月	101.3	33.5	82.6	24.7	71.4	16.1	107.3	40.8
2012年8月	100.9	33.4	82.3	24.6	71.3	16.0	107.4	40.7
2012年9月	100.9	33.4	82.3	24.5	71.4	16.0	107.7	40.8
2012年10月	99.9	32.6	82.0	24.1	71.8	16.0	106.2	39.8
2012年11月	99.3	31.8	81.7	23.7	72.0	16.0	105.8	39.3
2012年12月	98.7	31.2	81.7	23.5	72.3	16.0	105.5	39.1
2012年7～9月	101.1	33.4	82.4	24.6	71.4	16.1	107.5	40.8
2012年10～12月	99.3	31.9	81.8	23.8	72.0	16.0	105.8	39.4

表4 空間ガンマ線線量率標準偏差の推移（東北電力）

項目	単位:nGy/h							
	塚浜		寺間		江島		前網	
	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
2012年7月	4.0	2.1	3.2	1.5	2.4	1.1	3.0	1.5
2012年8月	1.3	0.7	1.1	0.6	1.2	0.6	1.2	0.6
2012年9月	2.0	1.1	1.7	0.8	1.4	0.7	1.7	0.9
2012年10月	3.0	1.6	2.8	1.2	2.4	1.1	2.6	1.2
2012年11月	2.4	1.1	2.3	0.9	2.4	1.0	2.0	0.9
2012年12月	2.6	1.2	2.4	1.0	2.3	1.0	2.3	1.0
2012年7～9月	2.7	1.4	2.2	1.0	1.7	0.8	2.1	1.1
2012年10～12月	2.7	1.4	2.5	1.1	2.4	1.0	2.3	1.1
2009～2010年	2.5	1.2	2.3	1.0	2.2	1.0	2.2	1.1

セシウムの減衰等によるBGの減衰が見られる局においても、前四半期平均値と当該四半期平均値の差は前四半期の標準偏差程度であった。また、標準偏差は降水の影響を大きく受けるため、月毎に算出した標準偏差はばらつきが大きくなる。しかし、四半期毎に算出した標準偏差は、降水の影響が平均化され事故前(2009～2010年)とほぼ同程度となった。

次に、調査レベルの算出方法を場合分けして、調査レベルの値及び超過率を試算した結果を表5～表8に示す。

表5 調査レベル設定値の試算結果(宮城県)

調査レベル算出式: $a(\text{平均値}) + b \times \sigma(\text{標準偏差})$ 単位: nGy/h

	a(平均値)	b	σ (標準偏差)	女川		小屋取		寄磯	
				電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
①(現行)	前月	2	2009～2010年	77.7	18.0	102.8	36.8	92.6	27.9
②	前月	2	前月	77.9	18.1	102.9	36.7	92.4	27.9
③	前月	3	前月	80.4	19.2	105.6	37.9	94.7	28.8
④	前月	2	前四半期	78.1	18.2	102.9	36.9	92.5	28.1
⑤	前月	3	前四半期	78.5	20.0	103.3	38.5	93.1	30.0
⑥	前月	2	2009～2010年	77.7	18.0	102.8	36.8	92.6	27.9
⑦	前月	3	2009～2010年	80.1	19.1	105.4	38.1	95.0	28.9
⑧	前四半期	2	前四半期	78.4	18.3	103.3	37.3	92.8	28.4
⑨	前四半期	3	前四半期	81.0	19.4	106.0	38.6	95.2	29.5
⑩	前四半期	2	2009～2010年	78.0	18.1	103.2	37.1	92.9	28.2
⑪	前四半期	3	2009～2010年	80.4	19.2	105.8	38.4	95.3	29.2

表6 調査レベル超過率の試算結果(宮城県)

調査レベル算出式: $a(\text{平均値}) + b \times \sigma(\text{標準偏差})$ 単位: %

	a(平均値)	b	σ (標準偏差)	女川		小屋取		寄磯	
				電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
①(現行)	前月	2	2009～2010年	3.8	3.5	2.6	2.0	1.4	1.1
②	前月	2	前月	3.6	3.3	2.5	2.1	1.4	1.1
③	前月	3	前月	1.9	1.6	1.5	1.3	0.8	0.6
④	前月	2	前四半期	3.5	3.1	2.5	2.0	1.4	1.0
⑤	前月	3	前四半期	3.2	1.2	2.3	1.0	1.2	0.1
⑥	前月	2	2009～2010年	3.8	3.5	2.6	2.0	1.4	1.1
⑦	前月	3	2009～2010年	2.0	1.7	1.6	1.2	0.7	0.5
⑧	前四半期	2	前四半期	3.4	2.8	2.3	1.7	1.3	0.8
⑨	前四半期	3	前四半期	1.5	1.5	1.2	1.0	0.7	0.4
⑩	前四半期	2	2009～2010年	3.5	3.3	2.3	1.8	1.3	0.9
⑪	前四半期	3	2009～2010年	1.9	1.6	1.4	1.0	0.7	0.5

表7 調査レベル設定値の試算結果(東北電力)

調査レベル算出式: $a(\text{平均値}) + b \times \sigma(\text{標準偏差})$ 単位: nGy/h

	a(平均値)	b	σ (標準偏差)	塚浜		寺間		江島		前網	
				電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
①(現行)	前月	2	2009～2010年	103.8	33.7	86.3	25.5	76.6	17.9	109.9	41.2
②	前月	2	前四半期	104.1	34.1	86.8	25.7	77.0	18.1	110.1	41.3
③	前月	3	前四半期	106.9	35.5	89.3	26.8	79.4	19.1	112.4	42.4
④	前月	3	2009～2010年	106.3	34.9	88.6	26.5	78.8	18.9	112.1	42.3
⑤	前四半期	2	前四半期	104.7	34.7	86.9	26.0	76.8	18.1	110.4	41.6
⑥	前四半期	3	前四半期	107.5	36.2	89.4	27.0	79.2	19.1	112.7	42.7
⑦	前四半期	2	2009～2010年	104.4	34.3	86.4	25.8	76.4	17.9	110.2	41.5
⑧	前四半期	3	2009～2010年	106.9	35.6	88.7	26.7	78.6	18.9	112.4	42.6

表 8 調査レベル超過率の試算結果（東北電力）

調査レベル算出式: $a(\text{平均値}) + b \times \sigma(\text{標準偏差})$ 単位: %

	a(平均値)	b	σ (標準偏差)	塚浜		寺間		江島		前網	
				電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)	電離箱	NaI(Tl)
①(現行)	前月	2	2009~2010年	2.4	1.6	3.0	2.1	2.3	1.8	2.2	1.3
②	前月	2	前四半期	2.3	1.3	2.5	1.8	2.1	1.6	2.0	1.3
③	前月	3	前四半期	1.1	0.5	1.2	0.6	1.3	1.1	1.1	0.9
④	前月	3	2009~2010年	1.3	0.9	1.5	1.1	1.4	1.2	1.3	1.0
⑤	前四半期	2	前四半期	2.0	1.0	2.5	1.4	2.2	1.6	1.7	1.3
⑥	前四半期	3	前四半期	0.9	0.0	1.2	0.3	1.3	1.1	1.1	0.8
⑦	前四半期	2	2009~2010年	2.0	1.1	2.9	1.7	2.6	1.8	1.9	1.3
⑧	前四半期	3	2009~2010年	1.1	0.4	1.5	0.8	1.4	1.2	1.1	0.8

試算の結果、調査レベルを前四半期平均+2 σ （前四半期）とした場合は、現行方式と比較し、調査レベルの若干の上昇及びそれに伴う調査レベル超過率の若干の低下があるものの、前巻で課題としていた平均値と標準偏差の母集団が統一されていないことを解決でき、現行方式と同程度の精度で監視が出来ると考えられる。

III まとめ

今回の検討により、現在の監視精度を維持し、かつ、平均値と標準偏差の母集団を統一する調査レベルの暫定的な設定方法を求めることができた。今後も、セシウムの減衰が線量率に影響を与えなくなるまで、調査レベルの算出式を随時見直していく予定である。

IV参考文献

- 1) 原子力安全委員会，環境放射線モニタリング指針(2010年4月一部改訂)
- 2) 吉田直人 ほか，宮城県原子力センター年報 第29巻，p46-47，2011

東京電力㈱福島第一原子力発電所事故後の東北電力㈱ 女川原子力発電所からの影響評価について

新井康史, 安藤孝志, 藤原秀一

従来から実施してきた影響評価方法を, 今後もそのまま適用できるか否かを検討した。線量率の監視については, 指標線量率による監視が従来どおり可能である。環境試料中の放射能濃度監視については, 過去1年間程度の短い期間の値との比較を行うとともに, 個々試料の核種分析結果を注意深く確認する必要がある。

I はじめに

当センターでは, 東北電力㈱女川原子力発電所(以下「女川原発」という)1号機が試験運転を開始する2年前の昭和56年(1981年)から女川原発周辺の環境放射線及び周辺地域から採取した環境試料中の放射能濃度の測定を開始し, 女川原発から放射性物質が放出された場合に, 速やかに検知するとともに, その影響を把握できるよう監視測定体制を整備している。

今般, 東京電力㈱福島第一原子力発電所(以下「福島第一原発」という)事故により, 同発電所から大量の放射性物質が放出され, 本県でもその影響により県内全域の環境放射線レベルが上昇した。

このような状況の中で, 従来から実施してきた女川原発の影響評価方法を, 今後もそのまま適用できるか否かを検討したので, その検討状況を報告する。

II 福島第一原発事故前の女川原発周辺の監視方法

1 空間ガンマ線線量率の監視

当センターでは, 女川原発周辺の7か所(東日本大震災後は3か所)に設置したモニタリングステーション(以下「MS」という図1参照)において空間ガンマ線線量率(以下「線量率」という)を24時間連続で測定し, 女川原発由来の線量率の上昇の有無を監視していた。



図1 モニタリングステーション配置図

(1) 線量率の変動

一般環境において、線量率は常に一定の値を示すわけではなく、降雨等の自然現象で上昇することがあることから、線量率が上昇した場合に、それが女川原発由来のものであるか、あるいは降雨等の自然現象によるものであるかを速やかに判断する必要がある。

そのため、当センターでは、線量率の測定と合わせて、どのような放射性核種からの放射線が検出されているかを判断するために、ガンマ線スペクトル（以下「スペクトル」という）の測定も行っている。

線量率が上昇した際に、スペクトルを確認することにより、どのような放射性核種からのガンマ線により線量率が上昇したのかを判断することができる。

(2) 指標線量率

人工放射性核種からの影響が無視し得る場合、線量率の値は、自然界に存在する放射性物質（以下「天然放射性核種」という）から放出されるガンマ線によるものである。天然放射性核種の主なものは、U-238等のウラン系列、Th-232等のトリウム系列及びK-40の3種類であり、人工放射性核種の影響を受けない場合の線量率は、これらの核種からの寄与の合計となり、人工放射性核種の影響を受ける場合の線量率は、天然放射性核種による線量率に人工放射性核種による線量率を加えた値となる。

ところで、天然放射性核種起因のガンマ線による線量率は、スペクトルから推定することができる。

そこで本県では、スペクトル全体から求めた線量率（RM線量率）から、ウラン系列、トリウム系列及びカリウム40による線量率の合計（推定BG）を引いた値を指標線量率としている。

$$\text{推定BG} = \beta_1 U + \beta_2 \text{Th} + \beta_3 K + \beta_4 \quad \dots (1)$$

U：ウラン系列線量率 Th：トリウム系列線量率 K：K-40による線量率

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ：重回帰分析により求めた係数

$$\text{指標線量率} = \text{RM線量率} - \text{推定BG} \quad \dots (2)$$

RM線量率：スペクトル全体から算出した線量率

人工放射性核種の影響を受けない場合には指標線量率の値は0になることが期待されるが、人工放射性核種の影響があった場合は、指標線量率の値が人工放射性核種の影響の分高くなる。

当センターでは、指標線量率の値を、環境放射線監視システムにより24時間連続で監視しており、その値が有意に高くなった場合は、職員の携帯電話に自動的に通報する仕組みとしている。

図2に降雨により線量率が上昇した際の時系列グラフを示す。電離箱検出器及びNaI検出器による線量率は降雨時に上昇しているが、指標線量率はほぼ0であることから、上昇した線量率については天然放射性核種によるものと判定できる。

図3に、MSのすぐそばでレントゲン検診が行われ、その際にレントゲン車からのごくわずかなX線を検出した際の時系列グラフを示す。電離箱検出器及びNaI検出器による線量率がわずかに上昇し、さらに指標線量率も上昇したことから、人工放射性核種による線量率の上昇を疑い、図4に示すスペクトルを解析したところ、87.5keV付近にピークがあったことから、レントゲン車からのX線の影響と判断した事例である。

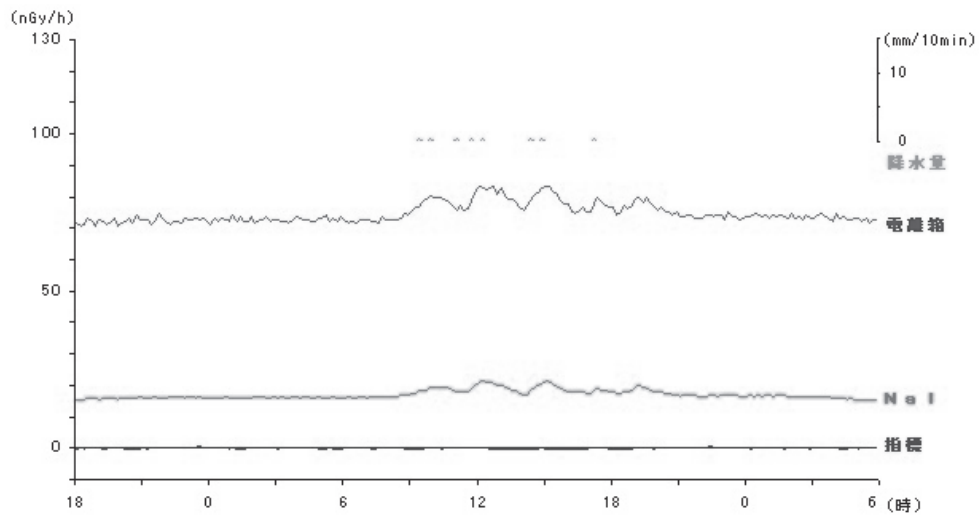


図2 線量率時系列グラフ (H24. 12. 15 女川局)

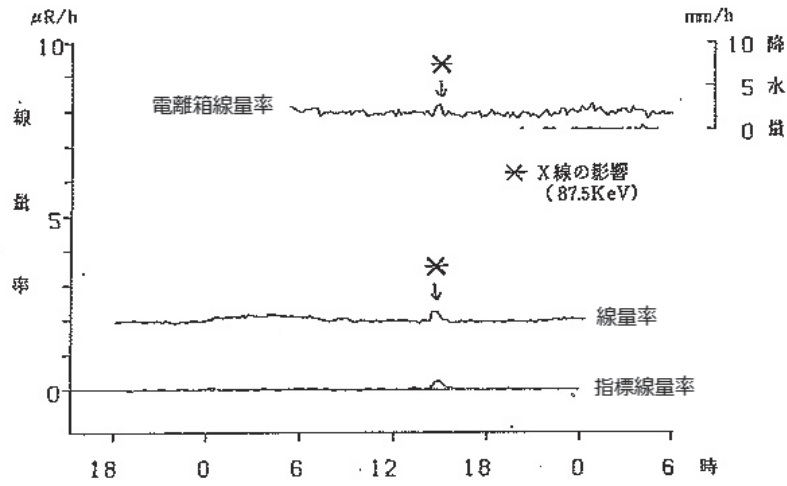


図3 線量率時系列グラフ (H2. 6. 14 鮫浦局)

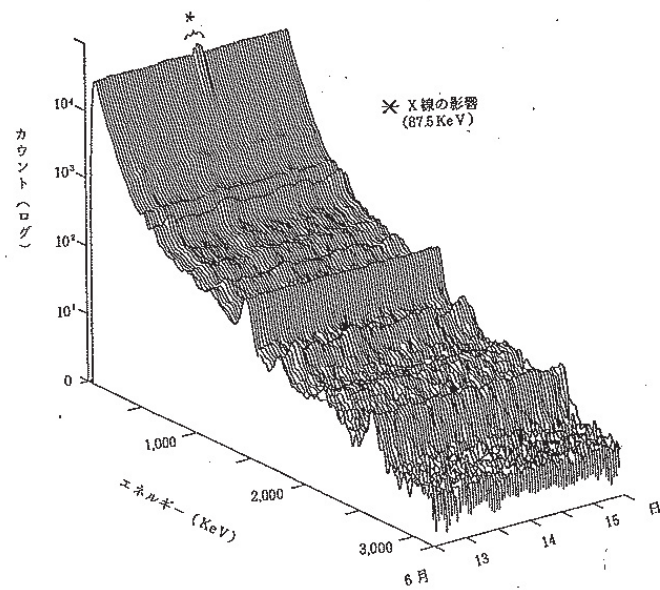


図4 ガンマ線スペクトル (H2. 6 鮫浦局)

2 環境試料中の放射能濃度測定

女川原発周辺地域から採取した農産物、水道原水及び海産物等の環境試料中に含まれる放射能濃度を測定し、女川原発由来の放射性核種の有無を監視している。

通常の放射能濃度の測定をする際には、ごく微量の値まで検出するために、試料を乾燥後、灰化した上でゲルマニウム半導体検出器により長時間（約 22 時間）測定しており、例えば海産物では、検出下限値が試料 1 キログラムあたり 0.1 ベクレルを下回る程度の精度で測定している。

これまで、各試料の放射能レベルと女川原発運転開始前のレベルとを比較することにより、女川原発からの影響を評価してきた。

Ⅲ 福島第一原発事故の影響

平成 23 年 3 月 11 日に起きた福島第一原発事故により大量の放射性物質が放出され、本県においても以下のようにその影響を受けている。

1 線量率の推移

図 5 に福島第一原発事故前から同事故後までの、小屋取局（女川町）における線量率の時系列グラフを示す。

同事故前と同事故後を比較すると、電離箱検出器及び NaI 検出器による線量率は事故後 2 倍以上に上昇し、その後、徐々に低下してきているが、その主な原因は、地表面等に沈着した放射性セシウムのガンマ線によるものである。同事故による Cs-134 と Cs-137 の放射能放出比は約 1 対 1 といわれており、それをもとに計算した線量率の減衰計算結果と実際の測定値を比較した場合、実際の測定値は、降雨、拡散等によるウェザリングの影響により、計算結果より早く減衰していることがわかるが、下方 2π 遮蔽している NaI 線量率にその傾向が顕著である。

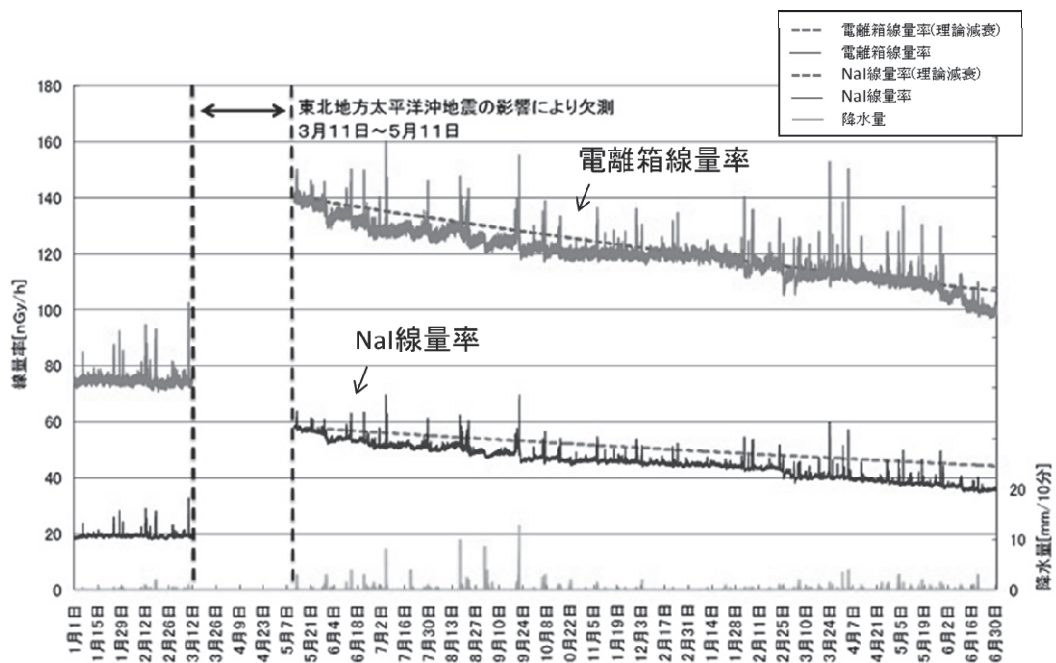


図 5 線量率時系列グラフ (H23. 1～H24. 6 小屋取局)

2 放射能濃度の推移

図6に指標植物のよもぎ及び松葉中のCs-137濃度の推移を示す。

1950～1960年代を中心に多くの核実験（原水爆実験）が大気中で行われた影響で1982年頃でも高めのCs-137が検出されているが、大気圏内核実験の終結によりその量が徐々に減少してきたところ、1986年にチェルノブイリ原発事故の影響によって、再びCs-137の濃度が高くなった。その後、徐々に低下傾向が見られ、1990年代後期以降には検出されないこともある状況であった。

しかしながら、福島第一原発事故によって大量の放射性物質が大気中に放出されたことにより、指標植物中のCs-137の濃度は、同事故前の約1万倍に上昇した。

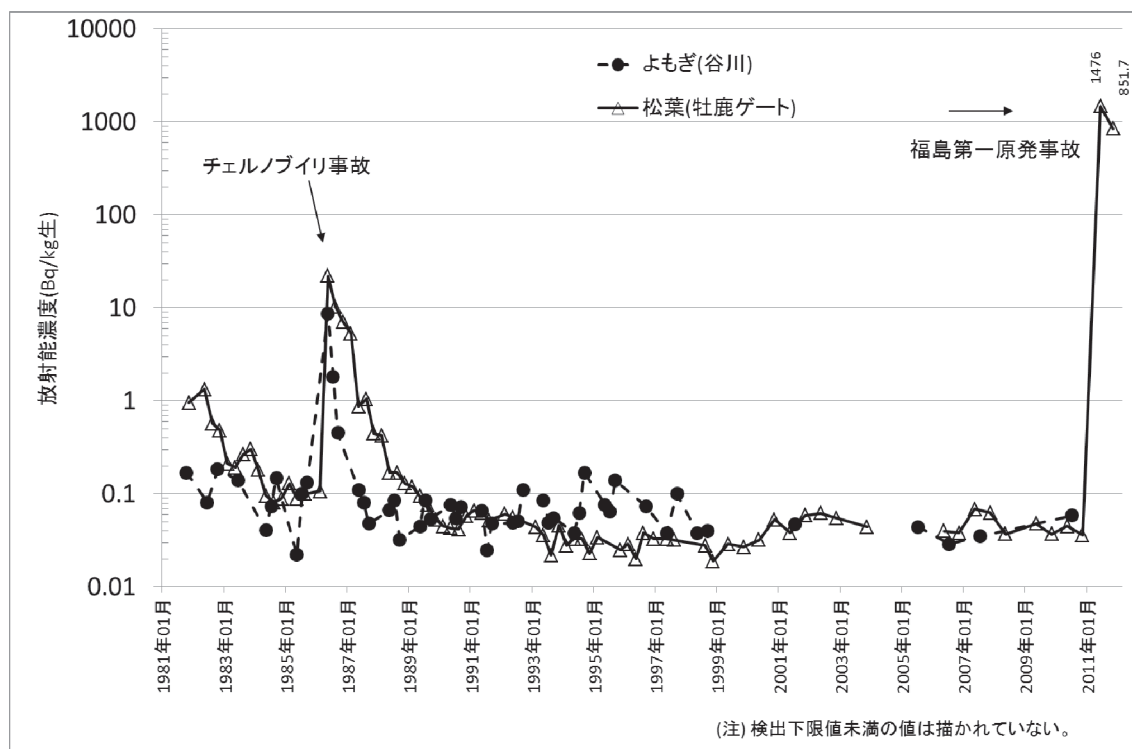


図6 指標植物中のCs-137濃度の推移

図7に女川原発稼働前（稼働前）、女川原発稼働後から福島第一原発事故前まで（事故前）及び福島第一原発事故後（事故後）の3期間に分け、各期間毎の環境試料中のCs-137等の測定結果の範囲を示す。

ほとんどの試料において、女川原発稼働後から福島第一原発事故前までの間の測定結果は、女川原発稼働前とほとんど変わらないが、福島第一原発事故後の測定結果は、女川原発稼働前の測定値の範囲を大きく超えている。

なお、ストロンチウム90については、福島第一原発事故時においてCs-137と比較して放出された量が少ないことから、その後も測定値の上昇は見られない。

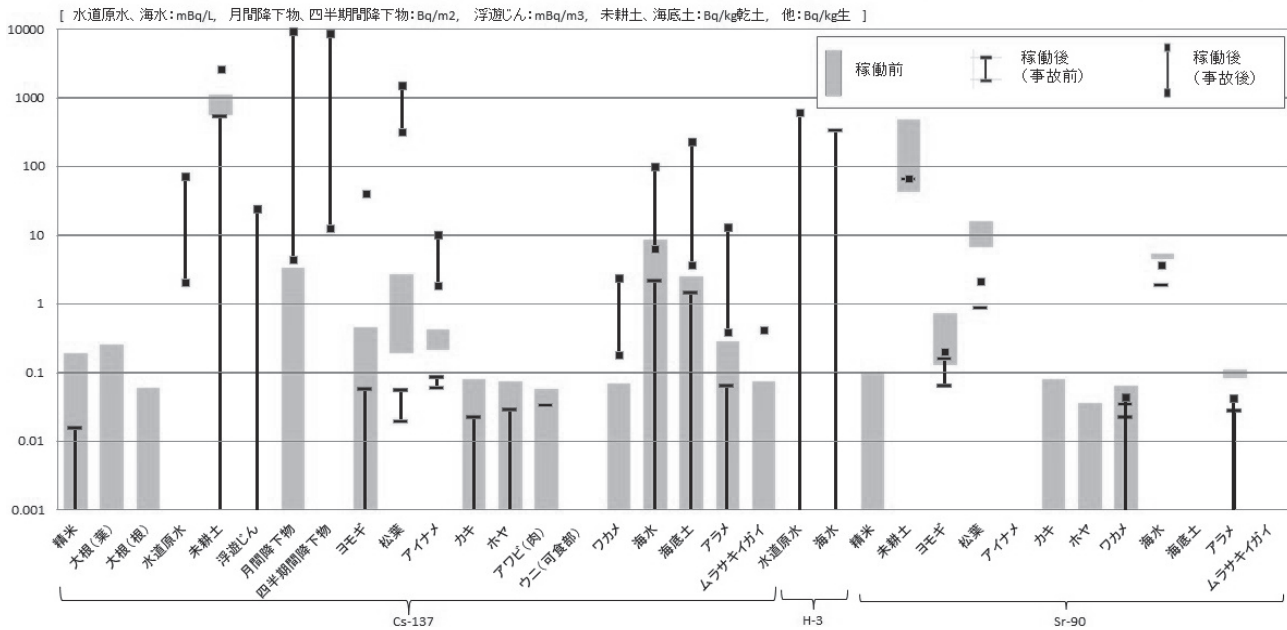


図7 女川原発稼働前、稼働後、及び福島第一原発事故後の環境試料中の放射能濃度

IV 福島第一原発事故後の女川原発からの影響評価

1 線量率の監視

福島第一原発事故直後は、同事故前と比較して2倍程度に線量率が上昇したMSもあり、その後、線量率は徐々に低下しているものの、MSで測定したスペクトルには、Cs-134及びCs-137のピークが常時認められている。これらのことから、単に女川原発稼働前の線量率と比較するのみでは、女川原発由来の人工放射性核種による線量率への影響の有無を判断することは困難である。

一方、前に述べた指標線量率による監視方法については、同事故後、人工放射性核種であるCs-134及びCs-137が常時検出されている。(2)式による本来の指標線量率はCs-134及びCs-137の寄与分を示すべきであるが、現状の本県における推定BGの算出方法においては、過去27日間の値を使用していることから、統計処理上、Cs-134及びCs-137が常時観測されているにもかかわらず(1)式における β_4 の一部として扱われ、そのため指標線量率の値はほぼ0を示す(図8)。

しかしながら、実際の運用上は、新たに人工放射性核種が放出された場合には、推定BGに上乘せして人工放射性核種の影響が見られ、その分指標線量率の値が上昇するため、予期せぬ新たな放出の監視が可能である。

2 環境試料中の放射能濃度監視

福島第一原発事故後、各環境試料中に含まれるCs-134及びCs-137の放射能濃度が大きく上昇したことから、女川原発運転開始前の値との比較では、女川原発からのこれらの核種の影響の有無の判断が困難である。

そこで、女川原発運転開始前の値との比較ではなく、過去1年間程度の短い期間の値との比較を行うとともに、福島第一原発事故ではCs-134とCs-137の放射能比がほぼ1対1で放出されたことからセシウム比を確認するなど、個々試料の核種分析結果を注意深く確認することにより、女川原発由来の人工放射性核種の有無を確認することが最も確実な方法である。

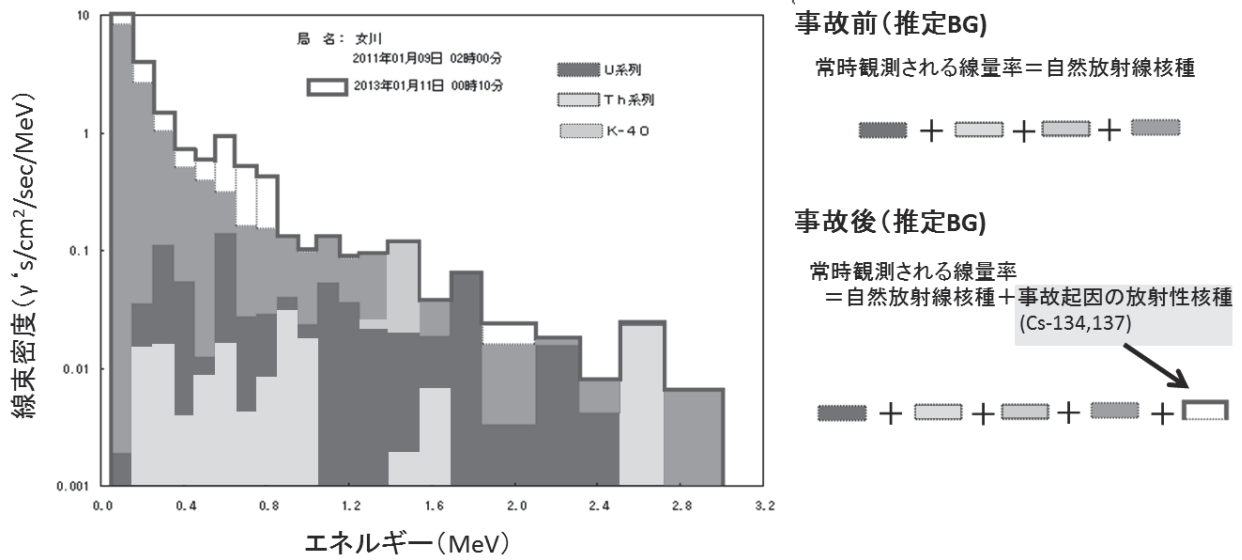


図8 事故前後のスペクトルの比較

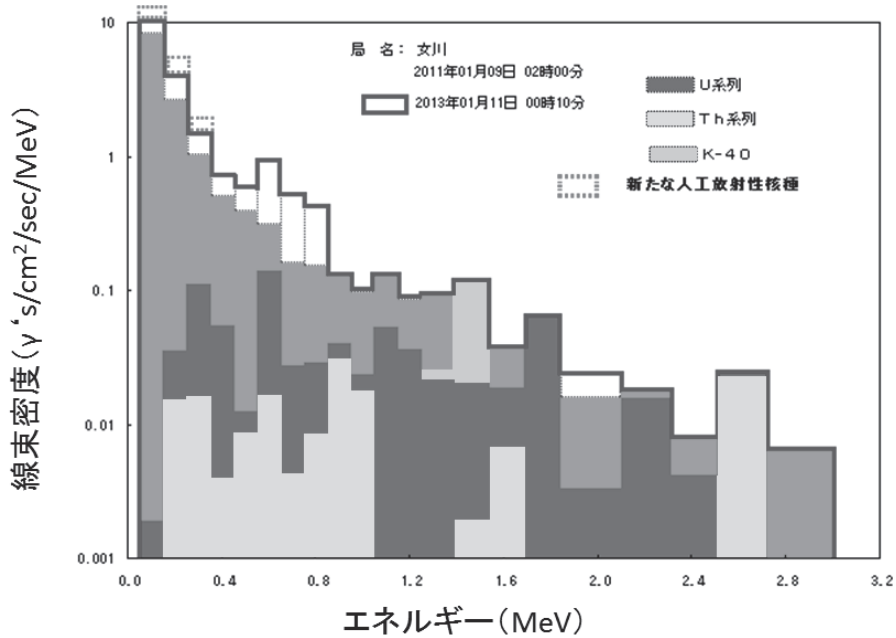


図9 新たに人工放射性核種が放出された場合

V まとめ

福島第一原発事故の影響により、単純に女川原発稼働前との比較では女川原発からの影響を評価できない状況になったが、線量率の監視については指標線量率によって、また、環境試料中の放射能濃度の監視については個々試料の核種分析結果を注意深く確認することによって女川原発からの影響を評価していく必要がある。