

宮城県原子力センター年報

第 19 卷

平成 13 年

ANNUAL REPORT

OF

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY
RESEARCH INSTITUTE OF MIYAGI

VOL. 19 (2001)

宮城県原子力センター

は じ め に

この度、平成13年度の調査研究の成果と関係資料を取りまとめた宮城県原子力センター年報がまとまりましたので、ここにお届けいたします。

当センターは昭和56年の開設以来、原子力発電所周辺地域における環境放射能等の監視測定業務に携わり、極微量データの解析や迅速、正確な情報の提供に努めてまいりました。

平成13年度は緊急時防災対策の拠点施設であります宮城県原子力防災対策センターの整備、環境放射線監視システムの更新などのモニタリング機能の充実等、システム構築の年度でありました。また、監視測定業務の過程で見いだされるさまざまな現象に対する調査研究にも積極的に取り組み、県民の安全・安心の確保と生活環境の保全を図ってまいりました。

女川原子力発電所では、平成14年1月に3号機が営業運転を開始して順調に稼働しており、1年が経過しました。しかしながら、東京電力での原子力発電所の自主点検記録の改ざんや原子炉格納容器漏えい率検査の不正問題などに端を発して、原子力に対しての信頼感が大きく損なわれてきております。また、安全、安心、信頼感の構築のため、情報公開と透明性の向上、合理的な技術基準と安全性の評価等多々の課題が提起されております。このような原子力発電への逆風の中、県民の不安解消と信頼回復に向けて、正確で迅速な測定データの提供等の情報公開や測定データの評価プロセスを明確にするための総合評価システムの早期構築に向けた取り組みを職員一同新たな気持ちで進めていく所存です。

本年報は、放射能等の測定・分布・挙動に関する調査研究などの成果を中心にとりまとめたものです。ご高覧の上、ご意見、ご教示をいただければ幸いです。

最後になりましたが、年報の発刊にあたりご指導、ご助言を頂きました関係各位にお礼申し上げます。

平成15年3月

宮城県原子力センター

所 長 嵯 峨 京 時

目 次

はじめに

I 宮城県原子力センター概要	1
II 研究論文	
1. 牡鹿半島における空間ガンマ線線量率とラドン濃度の関係 について 木立 博、今野達矢、石川陽一、加賀谷秀樹	5
2. 降下物中の放射能測定における大陸起源エアロゾルの影響 石川陽一、木立 博、今野達矢、伊藤節男	10
III 技術報告	
1. 新環境放射線監視システムの概要について 今野達矢、木立 博、加賀谷秀樹	19
2. 環境モニタリング情報データベースについて 木立 博、今野達矢、加賀谷秀樹	40
3. レスポンスマトリクス法を活用した人工放射線寄与線量率の測定に 関する検討 今野達矢、木立 博、石川陽一、加賀谷秀樹	46
4. NaI(Tl)検出器を用いたダスト・ヨウ素モニターによる大気中放射能の 連続測定システムの導入 石川陽一	53
5. イオン交換法を用いた放射性ストロンチウム分析法に関する検討 伊藤節男	63
IV 学会発表等の要旨	
1. 学会発表	69
2. 誌上発表	70
V 資 料	
1. 新環境放射線移動観測車について 木立 博	71
2. 環境試料の安定元素分析結果 (ICP法) 石川陽一	75
3. 宮城県における環境放射能核種分析結果	80
(1) Ge半導体検出器による分析結果	83
(2) ^{90}Sr 分析結果	97
(3) ^3H 分析結果	98
(4) 文部科学省委託調査結果	99

C o n t e n t s

Preface

I Outline of Environmental Radioactivity Research Institute of Miyagi.	1
II Papers	
1. Relation between the Gamma-ray Dose Rate and the Radon Concentration in the Air in the Oshika Peninsula.	5
<i>Hiroshi Kidachi, Tatsuya Kon-no, Yoichi Ishikawa and Hideki Kagaya</i>	
2. Influences of the Asian Continent Aerosols in Measuring the Radioactivity of Fallout samples.	10
<i>Yoichi Ishikawa, Hiroshi Kidachi, Tatsuya Kon-no and Setsuo Ito</i>	
III Technical Papers	
1. The Outline of a New Monitoring System for the Environmental Gamma-Ray.	19
<i>Tatsuya Kon-no, Hiroshi Kidachi and Hideki Kagaya</i>	
2. Construction of a Database for the Environmental Radiation Monitoring.	40
<i>Hiroshi Kidachi, Tatsuya Kon-no and Hideki Kagaya</i>	
3. Some Investigations on Measurement of the Artificial Gamma-Ray Dose Rate by Using a Response Matrix Method.	46
<i>Tatsuya Kon-no, Hiroshi Kidachi, Yoichi Ishikawa and Hideki Kagaya</i>	
4. Introduction of a Continuous Monitoring System with an NaI(Tl)-Detector for Measuring Radioactivities of Aerosols and Radioiodines in the Air.	53
<i>Yoichi Ishikawa</i>	
5. Some Investigations on Radiostrontium Analysis by Using a Ion-Exchange Method.	63
<i>Setsuo Ito</i>	
IV Abstracts	
1. Conferences	69
2. Papers	70
V Data	
1. A New Monitoring Car for Measuring the Environmental Radiation.	71
<i>Hiroshi Kidachi</i>	
2. Results of Stable Element Analysis by ICP method.	75
<i>Noriyuki Yoshida and Yoichi Ishikawa</i>	
3. Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples.	80
(1) Results of Gamma-ray Spectrometry with a Ge-detector.	83
(2) Results of ⁸⁷ Sr Analysis.	97
(3) Results of ³ H Analysis.	98
(4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture.	99

I 宮城県原子力センター概要

1 設 立

昭和56年(1981年)4月

2 敷地及び建物面積

敷地面積: 3840.55 m²

建物面積: 1 階 1179.6 m²

2 階 570.6 m²

3 主な業務内容

- (1) 女川原子力発電所周辺の環境放射線及び環境放射能の監視・測定、
関連調査・研究
- (2) 放射線、放射能及び原子力に関連する広報・展示
- (3) 緊急時環境モニタリング等の原子力防災対策

4 組織及び名簿 (平成14年4月1日現在)

職名(担当)		氏 名	配属年月日
所 長		嵯峨京時	H 13. 4. 1
次長 (総括担当兼監視測定班長)		佐々木俊行	H 14. 4. 1
次長 (庶務担当)		平塚修二	H 13. 4. 1
主 査		奥田ひろ子	H 14. 4. 1
監視測定班	上席主任研究員	石川陽一	S 56. 4. 1
	副主任研究員	伊藤節男	H 13. 4. 1
	技 師	木立 博	H 11. 4. 1
	技 師	今野達矢	H 9. 4. 1

5 主要設備・機器 (重要物品)

	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
1	施設管理用設備	日本環境調査研究所、PC-9821V12他	1式	H. 7	入退室管理システム
2	磁気ディスク装置	富士通、F6423B4	1式	H. 7	環境放射線監視システム用
3	フレームスキャンコンバータ	アロカ、FSC-64000AC	1式	H. 1	環境放射線監視システム用
4	可搬型モニタリングポスト	アロカ、MAR-561	3台	H. 6	
5	熱堂光線量測定装置	松下電器、UD-512P	1台	H. 5	TLD読取用
6	熱堂光線量計測定装置	松下電器、UD-716	1台	H. 6	TLD読取用
7	環境放射線監視システム	富士通	1式	H. 13	テレメータシステム
8	環境データ二重化システム	富士通	1式	H. 12	
9	小積MSテレメータ装置	富士通	1式	H. 12	
10	電離箱式放射線監視装置	アロカ、RIC-338他	7式	H. 12	6局分更新、1式予備
11	放射線測定装置 高線量測定装置	アロカ、ASE-452	1式	H. 12	小積MS電離箱用
12	低バックグラウンド放射能自動測定装置	アロカ、LBC-471Q	1台	H. 3	2πガスフローカウンタ-
13	β線自動測定装置	アロカ、JDC-3201	1台	H. 11	放射能水準調査用
14	球形可搬型スペクトロメータ	セイコーEG&G、C76B/2-X	1式	H. 7	
15	環境放射線実験装置	Epson、Endeavor AT-3600	1式	H. 7	
16	ラドンモニタ-	Genitron製、AlphaGuard PQ2000型他	2式	H. 10	
17	原子吸光度計	日立、Z-5010	1台	H. 11	
18	放射線測定装置 線量率測定演算部	アロカ、ACE-451、NaI (Tl) 検出器用	7式	H. 11	MS用検出器 (予備も含む)
19	環境放射線測定装置 線量率測定演算部	アロカ、ASE-451、NaI (Tl) 検出器用	1式	H. 12	小積MS低線量率計用
20	ダスト・ヨウ素モニタ-	アロカ、DMS-R41-21087	2式	H. 12	小屋取MS、小積MS用
21	伝送式可搬型モニタリングポスト	三菱電機製	3台	H. 12	データ収集用親局含む
22	モニタリングポスト	アロカ、MAR-21	1式	H. 8	放射能水準調査用
23	交流無停電電源装置 (入出力インターフェース蓄電池)	ユアサ、STL-A-200他	1式	H. 11	テレメータシステム他用
24	TLD標準照射装置	千代田保安用品、CD-1527T型	1台	S. 55	
25	ガン線ポスト用スペクトロメータ	アロカ、JSM-102	1台	H. 2	
26	スペクトロメータ	アロカ、SS-γ	1式	H. 2	
27	低BG液体シンチレーションカウンタ-	アロカ、LSC-LB 5	1台	H. 13	
28	蒸発濃縮装置	ヒロヤジャパン、LACE-002-5	1式	H. 7	
29	電気灰化炉	ヒロヤジャパン、KH-20R	1式	H. 7	
30	Ge半導体スペクトロメータ	セイコーEG&G、オルテック	1式	H. 8	
31	小型貨物自動車	三菱、デリカ、1990cc	1台	H. 2	試料採取用自動車
32	特殊用途自動車 移動観測車	マツダ、ボンゴ、1788cc	1台	H. 12	

5 主要設備・機器 (重要物品) -続-

	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
広 報 ・ 展 示 用	1 宇宙線飛跡観察展示装置	応用光研工業 (株)	1台	H. 8	スーパーチェンバー
	2 ハイビジョンビデオカメラ	コセキ(株)、UNIHI	1式	H. 3	
	3 広報展示室「原子力情報コーナー」	㈱乃村工業社、TH36HDI他	1式	H. 3	
	4 展示用パネル「安全対策」	㈱乃村工業社	1式	H. 3	グラフィックパネル一式モニター付
	5 展示用パネル「原子力って何だろう」	㈱乃村工業社	1式	H. 3	グラフィックパネル
	6 放射線と放射能	㈱乃村工業社	1式	H. 3	グラフィックパネル及びビデオシステム
	7 ハイビジョンシステム	コセキ(株)、TH-HD1300CA	1式	H. 3	
	8 ハイビジョンビデオカメラ	コセキ(株)、HLD-V500	1式	H. 4	風の時間、アニマルズ
	9 原子力Q&Aゲーム装置	NEC、PC-9801FA/U54他	1台	H. 4	
	10 放射線実験コーナー	日本タイムシステム(株)	1式	H. 5	パーソナルコンピュータ他
	11 環状放射線測定地点ジオラマ	㈱博報堂、H750~900	1台	S. 55	
	12 広報展示用ビデオカメラ	㈱乃村工業社	1式	H. 3	
そ の 他	1 無線機	三菱電機(株)	2台	H. 6	
	2 車両搭載用等無線装置	三菱電機(株)	1式	S. 57	
	3 小型乗用自動車	トヨタ、RAV4、1990cc	1台	H. 12	
	4 中央監視室空調機	富士電気総設 FDCJ160A2	1台	H. 13	
	5 自家用ビデオカメラ発電装置	日立製作所 BDE-180E	1台	H. 13	

II 研究論文

スペクトロメーター；アロカ製 ASM-352 型）により、また、気象データ（風向風速、降水量、感雨、放射収支）は各気象測器（風向風速計；小笠原製作所 WS-B16、雨量計；同社製 RS-222、感雨計；同社製 NS-100、放射収支計；同社製 P-MF-11）によって測定した。

Ⅲ 結果と考察

1 小積局における空間ガンマ線線量率の日変動

2001 年度の小積局における NaI(Tl) 検出器によるガンマ線線量率の平均値は 18.2nGy/h、標準偏差は 1.1 であった。ガンマ線線量率の日変動は 7 月から 11 月及び 2 月の長期間に渡ってみられた。図 2 に日変動の出現例を示す。日変動は降雨のない日の深夜から早朝にかけて出現し、線量率の上昇は約 1～数 nGy/h 程度であるが、特に 7 月に現れた日変動はガンマ線線量率の上昇度合いが強く、約 5 nGy/h 程度上昇する場合もみられた。当センターでのガンマ線線量率の監視は平常の変動幅（調査レベル；過去の測定データの平均値と標準偏差の 3 倍を加えた値）を基準にしており、2001 年 7 月から 8 月にかけて、この基準を超過するデータが多数回観測された（表 1）。

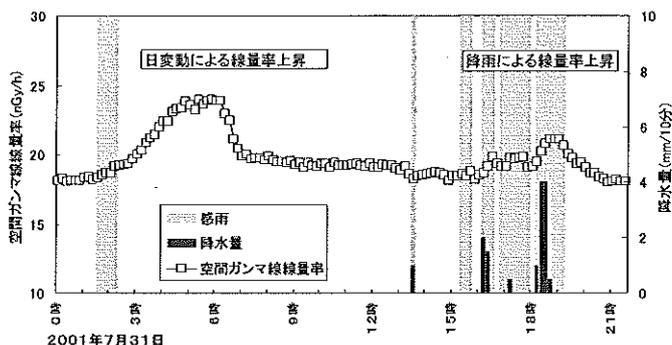


図2 小積局における空間ガンマ線線量率の日変動

表1 平常の変動幅(調査レベル)超過回数(10分値)

局名 (調査レベル)	2001年			
	7月	8月	9月	
小積局 (21.0nGy/h)	超過総数	128	126	57
	内 降雨時	52	91	57
	内 日変動	76	35	0
女川局 (14.6nGy/h)	超過総数	57	130	72
	内 降雨時	41	113	72
	内 日変動	16	17	0

調査レベル：過去の測定データの平均値に標準偏差の3倍を加えた数値(小積局は新設局であるため過去3ヶ月間のデータを用いて算出した。女川局は前年度のデータを用いた。測定値総数：8月4,920回～4,464回程度)

2 ラドン濃度の変動

小積局におけるラドン濃度の測定は平成 2001 年 8 月中旬から 9 月末に行った。日変動が強く現れた 9 月 16 日から 19 日にかけてのラドン濃度とガンマ線線量率の変動の状況を図 3 に示す。

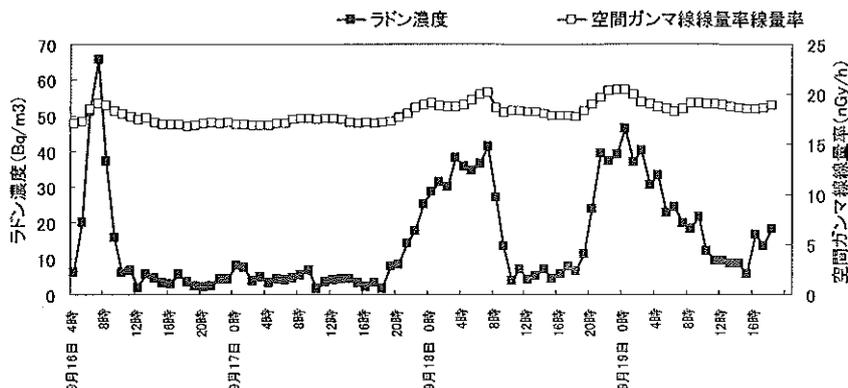


図3 小積局におけるラドン濃度と空間ガンマ線線量率の比較

この期間、深夜から早朝にかけて最大で約 3nGy/h 程度の線量率上昇がみられた。ラドン濃度も線量率上昇に対応して上昇しており、最大で 66Bq/m³ の値を示していた。NaI (TI) 検出器によって測定した同時間帯のガンマ線スペクトルには ²¹⁴Pb 及び ²¹⁴Bi のピークがみられ、線量率上昇はこれらの核種の影響によるものと考えられる。この時間帯には降雨はなかったため、線量率上昇は地表から湧出したラドンの影響と考えられる。

3 気象データとの比較

ラドン濃度が高かった時間帯の気象データを分析したところ、以下のような傾向がみられた。

- ①風向は東北東または北東が支配的な山風である。
- ②風速は概ね 1 m/s 以下である。
- ③放射収支量は 0 ~ -0.04 kW/m² 程度である。
- ④大気安定度は強い安定である。

風速が低いことと放射収支がマイナスであることは大気の状態が安定な状態が形成されていたことを示している。

これに対し、ラドン濃度が低下する朝方の気象データの傾向は以下のとおりであった。

- ①風向は逆方向の南西となり、海風となる。
- ②風速は 1 m/s よりも強くなる。
- ③放射収支量はプラスとなる。
- ④大気安定度は強い不安定~中立となる。

風速や放射収支のデータは大気が不安定な状態に変わったことを示していた。

以上のことから、深夜、大気の状態が安定な状態が形成されることにより、地殻から湧出したラドンとその娘核種が付近に滞留し、その影響によりガンマ線線量率が上昇するが、朝になり大気が不安定な状態になると地表付近のラドンが散逸することによりガンマ線線量率が低下すると推測される⁶⁾。

4 高層気象データとの関連

小積局における大気の状態について調べるために、小積局の気象データと宮城県大気汚染監視システムの仙台港逆転層局データを比較した(図4参照)。逆転層局は小積

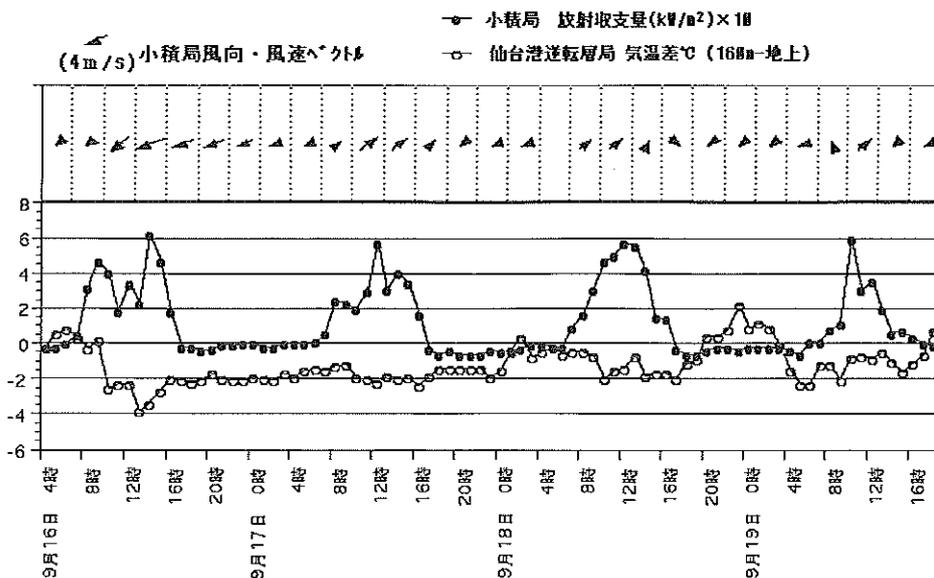


図4 小積局と仙台港における気象データの比較

局の西方約 40km の仙台港に立地している。逆転層局では地上と標高 160m の気温を測定しており、この気温差（標高 160m の気温－地上の気温）がプラスである場合、冷気が地表付近に存在し、暖かい空気が上空に存在する大気の接地逆転層が形成されている。2001 年 9 月 16 日早朝、18 日未明～早朝及び 18 日夜～19 日早朝は、仙台港逆転層局の気温差がプラスであり、逆転層形成が推測される。同じ時間帯の小積局における気象状態は、無風でかつ放射収支量がマイナスであるため、放射冷却による大気の逆転層形成が強く示唆される。

5 地形の効果

小積局は図 5 に示すように、牡鹿半島の西岸に位置し、湾に面している。小積局周辺は、北、東、南の三方位を 100 m～200 m の山に囲まれた谷地形を形成している。このような地形では、風が弱いときに、地表付近に接地逆転層形成などの条件が整えば、周囲の地殻から湧出したラドンやその娘核種が山風によって山の斜面を緩やかに移動し、ラドン濃度上昇をもたらしやすいものと考えられる。一方、朝方に吹く海風は、ラドン濃度の低い空気を流入させ、ラドン濃度低下を促進すると考えられる。小積局が他の地点に比べ日変動の程度が大きい理由は以上のような地形の効果があるものと考えられる。

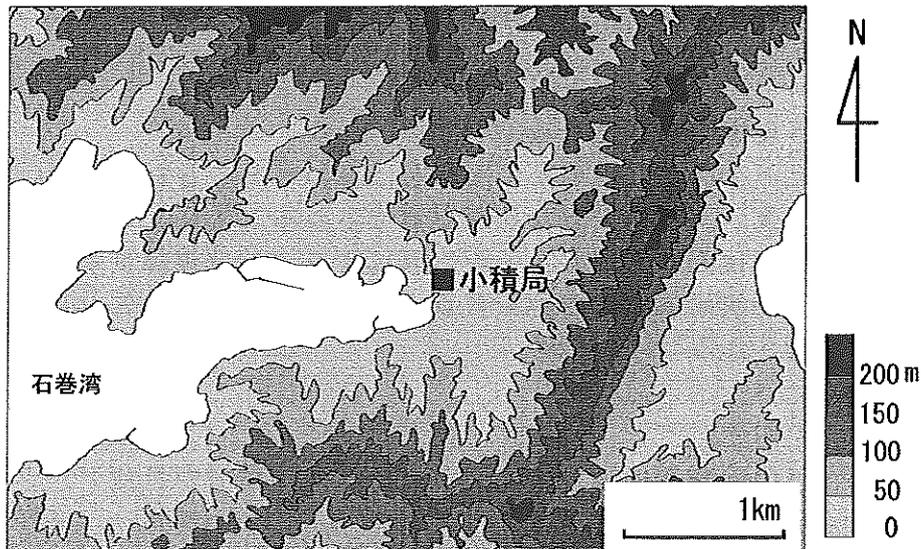


図 5 小積局周辺図

1999 年に女川局で観測された日変動による空間ガンマ線線量率の上昇は約 2 nGy/h 程度以下であったが⁵⁾、小積局における 2001 年 7 月の日変動において 5 nGy/h 程度の線量率上昇が観測され、ラドン濃度は女川局に比べると相当高かったものと考えられる。女川局において日変動が現れた時は小積局と同様に気象条件は無風に近く大気が安定な状態であった。女川局周辺の地形も 3 方位が陸地に囲まれた地形であるが局舎は周囲よりやや高い場所に位置しており、ラドンの滞留による影響が少ないと考えられる。一方、小積局周囲は同様に周囲を山に囲まれているが、局舎は最も標高の低い平地に位置しており、滞留したラドンの影響を受けやすいと考えられる。

6 大気中ラドン濃度と空間ガンマ線線量率の相関関係

2001 年 9 月 17 日から 19 日にかけて小積局においてラドン濃度が上昇していた時間帯について、ガンマ線線量率とラドン濃度との相関を図 6 に示す。回帰直線の傾きは

0.058[nGy/h]/[Bq/m³]、相関係数は0.80であった。1999年の女川局の回帰直線の傾きは0.06[nGy/h]/[Bq/m³]であり⁶⁾、小積局における傾きは女川局と同程度であった。

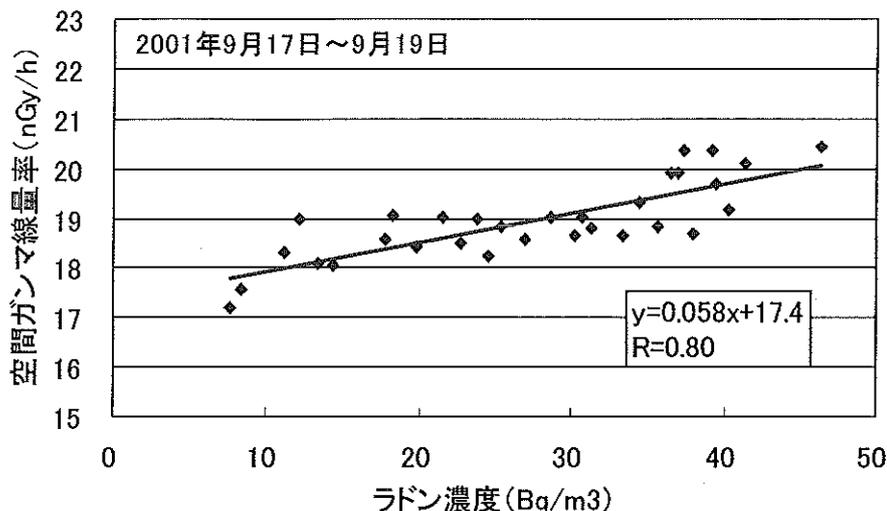


図6 小積局におけるラドン濃度と空間ガンマ線線量率の関係

IV まとめ

小積局においてラドン濃度、空間ガンマ線線量率及び気象データ等の調査を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 降雨のない深夜から早朝にかけてガンマ線線量率が上昇する日変動がみられ、ラドン濃度も対応して上昇していた。ガンマ線スペクトルではラドン娘核種 (²¹⁴Pb、²¹⁴Bi) のピークが高くなっており、ガンマ線線量率上昇はラドンの影響と考えられた。
- (2) 日変動がみられるときは風が弱く、放射収量もマイナスとなり、大気の安定な状態が形成されていた。
- (3) 小積局の周囲の地形は3方位を山に囲まれた谷地形となっており、そのため、周辺の地殻から発生したラドンガスが集積・滞留しやすいものと推測された。
- (4) ラドン1 Bq/m³あたりのガンマ線線量率上昇割合は0.058nGy/hであった。これは女川局と同程度の値であった。

謝辞

宮城県保健環境センターの佐藤信俊総括研究員には、宮城県大気汚染監視システム逆転層局のデータ提供及び等貴重なご助言をいただき感謝致します。

参考文献

- 1) 今野達矢 他, 宮城県原子力センター年報, 第18巻, p26-30(2000).
- 2) 藤原秀一 他, 宮城県原子力センター年報, 第4巻, p1-4(1985).
- 3) 岡部茂, 続 大気中のラドン族と環境放射能, p1-16(1990).
- 4) 辻本忠, 続 大気中のラドン族と環境放射能, p97-100(1990).
- 5) 今野達矢 他, 宮城県原子力センター年報, 第18巻, p12-19(2000).
- 6) 西川嗣雄 他, 続 大気中のラドン族と環境放射能, p135-142(1990).

降下物中の放射能測定における大陸起源エアロゾルの影響

石川陽一、木立 博、今野達矢、伊藤節男

2000年春期以降の最近の降下物に検出されている ^{137}Cs の起源について調べた。2000年春期以降広域的に降下物に ^{137}Cs が検出され、日本の太平洋側で低く日本海側で顕著に高い傾向がみられた。この時期に日本で黄砂観測日数が著しく増加したことから、 ^{137}Cs の起源として大陸起源エアロゾルとの関連が示唆された。黄砂飛来時に採取した大気浮遊じんには通常は検出されない ^{137}Cs が観測されたことから、2000年春期以降の最近の降下物に検出された ^{137}Cs は主に大陸起源エアロゾルに起因するものと推定された。

I はじめに

原子力施設周辺の環境放射能モニタリングにおいては種々の環境試料の分析を行っているが、そのうちでも降下物（雨水・ちり）は、仮に当該施設から大気圏に放出があった場合に周辺地表への影響を定量的に把握できるという点で極めて重要である。我が国の降下物の観測においては、最近まで、当該モニタリング地域の外部から大気圏を経由して飛来するグローバル・フォールアウト、すなわち外国の核爆発実験や旧ソ連・チェルノブイリ原発事故起因の ^{137}Cs や ^{90}Sr などの放射性核種が継続的に検出された¹⁾³⁾。近年では成層圏におけるこれらの核種の存在量が少なくなったためと考えられるが⁴⁾、グローバル・フォールアウト起因の放射性核種の降下量は通常のサンプリング法では検出できない程度に少なくなってきている。宮城県の女川原子力発電所周辺の定常的モニタリングにおいては、1997年度（平成9年度）初めから1999年度（平成11年度）末までの約3年間は ^{137}Cs が全く検出されない期間が続いた⁵⁾⁷⁾。しかしながら、2000年4月及びその前後の月に、ごく微量ではあるが宮城県内の仙台市を含む複数地点の降下物から広域的に ^{137}Cs が検出された⁸⁾。環境モニタリングにおいては原子力施設からの影響とそれ以外の影響とは明確に区別して評価する必要があり、そのため降下物に最近検出される ^{137}Cs の起源について調べることは重要である。

核実験等起因のグローバル・フォールアウトの影響以外で、上述のような広域的影響をもたらす現象については学会でもほとんど報告がないが、最近 Igarashi らは以前の核実験起因の ^{137}Cs などが大陸起源エアロゾル（黄砂）とともに日本に飛来している可能性を提唱した⁹⁾。後述するように、日本で黄砂が観測された場合にそのエアロゾルの発生域が中国大陸のどの地域であるのか必ずしも明確でなく、またほかの大陸や日本国内からの寄与がどの程度あるのかについても不明である。したがって、用語の取り扱いとその意味には注意が必要であるが、気象庁では現在でも「黄砂」という用語を用いており、その観測頻度は本研究において重要な手がかりである。そのため、本論文では文中では気象庁にならって黄砂という用語を用いた。

石川らは2000年春期に観測された ^{137}Cs が黄砂と関連があるとの観点から若干の検討を行い、既に学会にて発表したところである⁸⁾。本論文においては、その後の調査の結果得られた知見も含めて

2001年度までに得られた結果を報告する。

II 方法

宮城県内の女川町と仙台市の2地点で、開口部面積0.5 m²の容器で毎月降下物試料を採取した。試料水は、ゴミ等を1mm目のふるいで除去後蒸発乾固し、プラスチック容器に詰めて放射能測定用試料とした。女川町内の当センター構内で、ハイボリューム式ダストサンプラーを用いてガラス繊維ろ紙上に数日間ずつの大気浮遊じんを採取した。ろ紙は加圧成形しプラスチック容器に詰めて放射能測定用試料とした。

放射能測定はGe半導体検出器を用いたγ線スペクトロメトリーによって行った。測定時間は数万秒～100万秒の範囲で、可能な限りの長時間測定によって¹³⁷Csの検出下限値を下げ、測定した。限られた時間で多数の試料を測定する必要から必ずしも全ての試料を同一条件では測定できなかった。一部の試料については相対効率が約115%の大容量Ge半導体検出器を用いたアンチコンプトン・システムによりバックグラウンドを低減して測定した。Ge半導体スペクトロメーターの詳細性能については本年報の資料4(1)の表-1及び既報¹⁰⁾を参照されたい。

III 結果及び考察

1 降下物における¹³⁷Csの検出と地域的分布

図1に1986年5月から2002年3月までの¹³⁷Csの月間降下量の時間的変動を示す。図中の小屋取

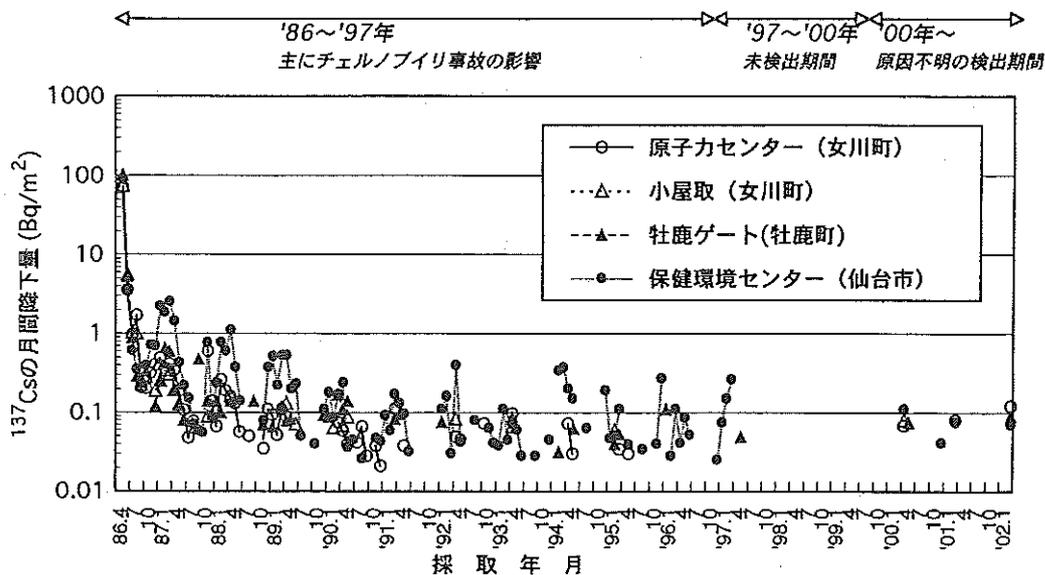


図1 宮城県における¹³⁷Csの月間降下量の推移

(小屋取と牡鹿ゲートは東北電力による測定地点である¹¹⁾。)

及び牡鹿ゲートは東北電力による測定地点を示す¹¹⁾。1986年春期の大きなピークはチェルノブイリ事故由来の¹³⁷Csを示す。その後¹³⁷Cs降下量は急速に減少したが、1996年頃までは約0.03～約0.05 Bq/m²程度の範囲で比較的頻繁に検出された。この時期に仙台市内の保健環境センターにおいて高めの値を示しているのは、採取容器を設置してあった建物屋上に付着していた土壌粒子の局地的な再浮遊の影響である（以後、この地点では採取容器は地表に移設した）⁷⁾。以降、1999年末まではほとんど検出されなくなったが、2000年以降は主に春期を中心に、再び検出されるようになった。

図2には、宮城県及び日本のほかの地域について、顕著な黄砂現象が観測された時期である2002年3月の¹³⁷Csの月間降下量を比較したものである。宮城県以外のデータは各道府県の報告書による¹²⁾⁻¹⁶⁾。¹³⁷Csの値は太平洋側地域では低く、日本海側地域で顕著に高い傾向がみられた。この傾向は1960年代～1970年代の核実験フォールアウトの場合と類似しており^{1),2)}、現象が広域的で北西季節風及び地理的条件の違いの影響を受けやすいこと^{1),17)}、したがって黄砂の影響を受けている可能性もあることを示唆している。

2 黄砂の定義と発生域

黄砂とは、一般の辞典では「中国大陸北西部で黄色の砂塵が天空をおおい下降する現象（岩波 広辞苑）¹⁸⁾」、または「タクラマカン砂漠の黄土が低気圧に伴う強風で舞い上がり風下の視程を悪くする現象（岩波 理化学辞典）¹⁹⁾」のように説明されている。気象関係の辞典では、「主に中国北部の黄土地帯で風によって空高く舞い上がった細かな砂塵が大気中に広がる現象、またはその砂塵（平凡社 気象の事典）²⁰⁾」、あるいは「主として大陸の黄土地帯で吹き上げられた多量の砂塵が空中に飛揚し、天空一面を覆い、徐々に降下する現象（二宮書店 気候学・気象学事典）²¹⁾」とされている。砂塵そのもののほか現象を指す場合もある。黄砂は黄砂エアロゾル²²⁾と呼ばれることもある。

気流によって我が国に到達する大陸起源の土壌粒子には、中国大陸（ユーラシア大陸）のほか、粒径や気象条件によってはアフリカ大陸、アメリカ大陸、オーストラリア大陸などの砂漠地帯で発生したのものも含まれる可能性がある²³⁾。一般的に風の作用で巻き上げられた陸起源の土壌粒子を指す場合には、エアロゾル^{22),23)}、風送塵^{24),25)}、風成塵²⁶⁾または砂塵^{26),27)}のようにいわれる。英名では、特に中国大陸起源のいわゆる黄砂に対してはKosa²⁹⁾またはyellow sand²⁹⁾、あるいはmineral dust from eastern Asia³⁰⁾などのように呼ばれる。一般に大陸起源の土壌粒子に対してはcontinental dust³¹⁾、eolian dust³²⁾、砂漠起源を意識する場合はdesert dust²⁹⁾、特定の砂漠起源を意識する場合は例えばSaharan dust²⁹⁾のように呼ばれる。論文などの著者によっては同じ用語でも意味が異なったり、逆

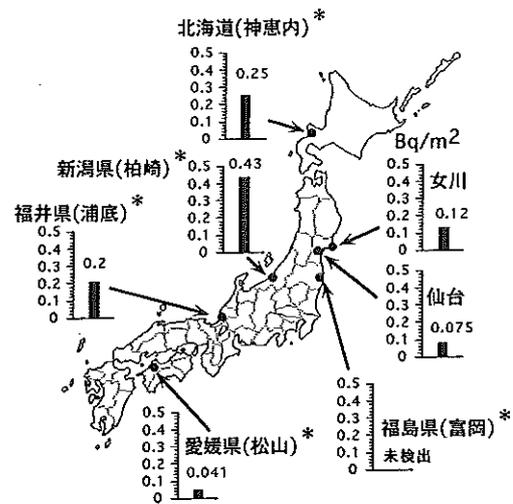


図2 日本各地の2002年3月における¹³⁷Csの降下量の比較

(宮城県の女川と仙台以外の*印のデータは、各道府県の環境放射能調査結果報告書¹²⁾⁻¹⁶⁾による。)

に同じ意味に対して異なった用語が用いられる場合があるので注意が必要である。気象庁では目視観測によって黄砂が観測された時間帯を、大気現象として地上気象観測原簿に記載している³³⁾。気象庁でいう「黄砂」とは、上原³³⁾によると、「主に中国大陸北部で発生する大規模な砂塵あらしによって大気中に巻き上げられた黄土」を指しており、黄土地帯のほか更に西部のタクラマカン砂漠やゴビ砂漠からの砂塵をも含むと考えられる。

黄砂発生域や日本への到達経路については、静止気象衛星の画像処理等によってもかなりの情報を得ることができる^{33),34)}。菊池³⁴⁾と上原³³⁾はそれぞれ2000年4月8日と2001年3月19日に日本で観測された黄砂の発生域と分布を衛星画像によって観測している。いずれもボツ海または沿海州付近の地上低気圧に伴う寒冷前線後面で風塵（ダスト雲）が発生したと述べている。上原³³⁾は、2001年3月19日の黄砂の際に、赤外差分画像によりタクラマカン砂漠やゴビ砂漠で砂塵嵐が発生する様子を観測した。気象庁が発表している日本での黄砂観測日数のデータのみでなく、このようなリモートセンシング情報も併用すれば黄砂の発生地域をある程度特定できると考えられる。

3 日本における黄砂の観測頻度

図3は、気象庁公表データ³⁵⁾に基づいて作成した黄砂の観測回数を表し、1967年から2002年3月までの黄砂観測日数を月別及び年別に示す。2000年以降の春期には黄砂の観測日数が顕著に多くており、降水物に¹³⁷Csが検出された時期と一致する。このことから、降水物に検出された¹³⁷Csが黄砂とともに日本に飛来した可能性が考えられる。2000年以降に黄砂の発生頻度が多くなった理由の詳細は不明であるが、ユーラシア大陸における遊牧民の定着化による開発、森林伐採や乱開発、異常気象等による砂漠化の進行などに関係があるものと思われる³³⁾。

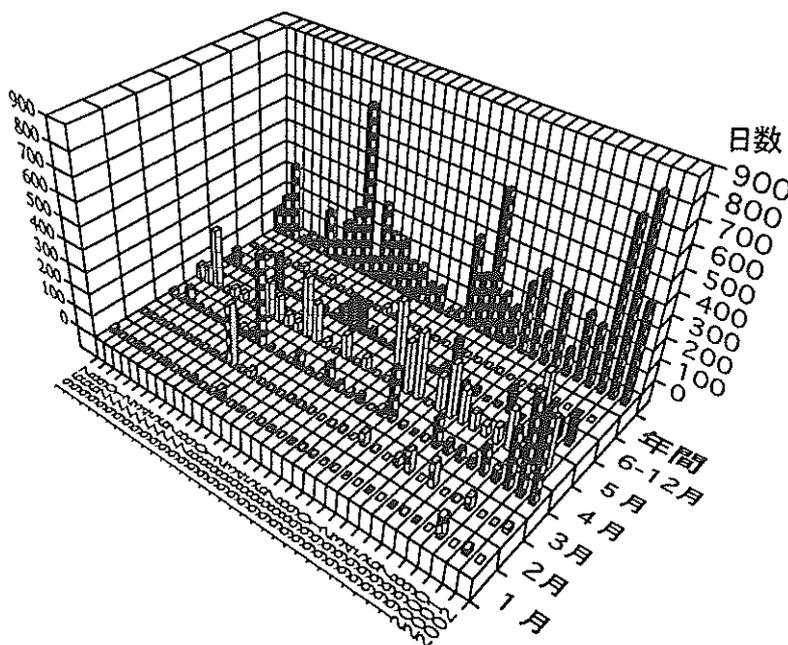


図3 日本における黄砂の観測日数
 (気象庁ホームページに記載されているデータ³⁵⁾を用いて、2002年3月末までの日数をプロットしたもの。)

4 大気浮遊じんにおける ^{137}Cs の検出

表1は、宮城県に顕著な黄砂が飛来した期間（2002年3月22日～23日）を含む3月22日～25日、及びそれに引き続く期間にハイボリューム式ダストサンプラーによって採取した大気浮遊じんの測定結果を示す。黄砂飛来時に採取した浮遊じん試料中には明らかに ^{137}Cs が検出され、単位体積の空気中の濃度は $6.7 \pm 0.9 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ であった。黄砂が観測されなかったその後の期間には ^{137}Cs は検出されなかった。Igarashi ら³⁶⁾によると、最近のバックグラウンド・レベルの大気中 ^{137}Cs 濃度は $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 以下程度であるので（恐らく比較的近傍の地表からの再浮遊起因）、今回観測された ^{137}Cs の濃度は明らかに通常のレベルより高く、観測地点の外部のかなり遠方からもたらされたと考えられる。また、ここで検出された大気中の ^{137}Cs 濃度は約3日間の平均濃度であり、最も黄砂の影響が強かった時間帯には更に高濃度であったと推測される。降下物中に ^{137}Cs が観測された月において、黄砂飛来時の大気浮遊じん中に明らかに ^{137}Cs が検出されたことから、2000年の春期以降の降下物に検出される ^{137}Cs は主に大陸起源エアロゾルとともにもたらされたものと考えられる。

表1 大気浮遊じん中 ^{137}Cs 濃度（2002年3月22日～4月1日）

採取期間*	^{137}Cs ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3 \cdot \text{空気}$)	備考
2002年3月22～25日	$6.7 \pm 0.9^{**}$	2002年3月22～23日に 日本全域で黄砂観測
2002年3月25～28日	未検出 (<1.4)	
2002年3月28～4月1日	未検出 (<1.1)	

* 3月22日以前は試料未採取。

** 誤差は計数誤差 (1σ) を表す。

5 ^{137}Cs の起源の推定

Igarashi ら⁹⁾ はつくば市における最近の降下物の観測結果から、 ^{137}Cs と ^{90}Sr のかなりの割合が大陸土壌起源の風送じん由来であるとの見解を示した。また、その起源の推定に $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が有用であると述べている。 ^{90}Sr は ^{137}Cs と半減期は大体同じであるが、化学的性質の違いにより ^{137}Cs よりは降水などによって土壌から流失しやすい。そのため、降水量が比較的多い日本などの地域の土壌の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は、初めは核爆発理論比 1.6³⁷⁾ に近かったものが年数とともに次第に相対的に高くなるといわれている⁹⁾。逆に、降水量の少ない中国大陸の砂漠等の地域では ^{90}Sr の流失が少なく、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が約 1.6 に保たれているはずである。Igarashi ら⁹⁾ はこのような考えのもとにエアロゾルの起源推定を試みている。

表2は $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の理論値及び各種試料中の比の値を比較したものである。この表から、古い降下物または土壌においてはほぼ理論比が保たれていることがわかる。しかし、同表に示した比較的最近の宮城県の土壌では、かなり幅はあるものの理論比よりも明らかに高い。

表3は、文部科学省（旧・科学技術庁）の委託事業として日本全国で行われている環境放射能水準調査の降下物の測定結果（公表値）⁴¹⁾から、 ^{137}Cs と ^{90}Sr の代表的な値とそれらから算出した放射能比を示す。2000年3月に顕著な黄砂が観測され日本各地域の降下物において通常よりも高い値の ^{137}Cs が検出されたが、この表にはその時の測定誤差が少ないと考えられる2地点のデータを示す。いずれも $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比（約3～6）は核実験の理論比よりかなり高く、したがってもしこれらの

表2 核実験フォールアウト及び土壌試料の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比

項目及び試料種類	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比	出典
核爆発理論比	1.6	A. W. Klement ³⁷⁾
'74-'81年の日本の降下物 (32都道府県)	1.56 ± 0.16	滝沢 ³⁸⁾
'68-'69年の日本の土壌 (深度0-45cm、25試料平均)	1.6	川瀬ら ³⁹⁾
'82-'90年の宮城県の表層土壌 (深度0-5cm、5試料)	3.0-10	石川ら ⁴⁰⁾

表3 2000年3月における降下物中の ^{137}Cs と ^{90}Sr の放射能及びその比
(本表のデータは文献値⁴¹⁾に基づく)

観測地点	^{137}Cs (Bq/m ²)	^{90}Sr (Bq/m ²)	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比
京都府 (京都市)	$0.40 \pm 0.03^*$	0.069 ± 0.011	5.8
島根県 (松江市)	0.16 ± 0.01	0.056 ± 0.006	2.9

* 誤差は計数誤差 (1σ) を表す。

核種が黄砂にともなって大陸からもたらされたとすると、その供給源周辺は降水量の多い地域であると考えられる。

Igarashi ら⁹⁾は ^{137}Cs と ^{90}Sr の供給源となる可能性のある地域として中国核実験場に近い砂漠地帯をあげたが、表3の結果からはむしろもっと降水量の多い地域である可能性がある。井上²⁶⁾によると、黄砂などの風成じんは、ずっと昔の例えば第四紀最終氷期(約7万年前)の寒冷乾燥期には多量に発生、堆積して我が国の土壌形成に大きく影響したものとされている。つまり、黄砂は常に我が国に影響を与え続けていると言える。しかしながら、図1の ^{137}Cs 降下量の推移をみると、チェルノブイリ事故影響が少なくなった1990年頃から1999年までは急激な変化はみられず、2000年春期になって初めて変化がみられた。このことから、黄砂の発生頻度が高まった2000年以降に著しく砂漠化が進行するなどの変化があった地域が、 ^{137}Cs の供給源である可能性が高いと考えられる。降下物中に検出された人工 γ 線放出核種は ^{137}Cs のみであること及び $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が高いことから、これらは環境(土壌中)に放出されてからかなりの年数が経過したものであると考えられる。以上のことから、ひとつの考え方としては、最近まで草木に覆われていた地域が何らかの原因で急激に砂漠化し、それまで土壌中に保持されていた ^{137}Cs が砂塵嵐によって再浮遊し、黄砂とともに日本に到達したという仮説が成り立つ。

最近では黄砂の発生頻度が急速に多くなる傾向がみられるため、 ^{137}Cs の再浮遊発生場所の特定とメカニズムの解明が急務である。そのための手法としては、①我が国で採取された黄砂(大陸起源エアロゾル)と大陸土壌の元素または化学組成の比較^{22),25),28),29),32),42),43)}、②鉱物組成の比較または土壌学

的検討²⁶⁾、③同位対比の比較分析^{44),46)}、④粒径分布の違いの検討²⁷⁾、⑤流跡線解析等の気象学的手法による¹³⁷Csの到達経路の検討^{31),46)}及び⑥衛星画像等のリモートセンシング・データの活用^{33),34)}等が考えられる。現象が非常に広域的でありまた他分野にわたる研究手法が必要であるため、今後は多方面の複数の研究機関が連携して研究を推進する体制の確立が強く望まれる。

IV まとめ

2000年春期以降の最近の降下物に検出されている¹³⁷Csの起源について調べ、次のような結果を得た。

- (1) 2000年春期以降、広域的に降下物に¹³⁷Csが検出され、日本の太平洋側で低く日本海側で顕著に高い傾向がみられた。
- (2) 2000年春期以降には日本で黄砂観測日数が著しく増加したことから、¹³⁷Csの起因として大陸起源エアロゾルとの関連が示唆された。
- (3) 黄砂飛来時に採取した大気浮遊じんに、通常は検出されない¹³⁷Csが検出された。

以上のことから、2000年春期以降の最近の降下物に検出された¹³⁷Csは主に大陸起源エアロゾルに起因するものと推定された。

参考文献

- 1) 三宅泰雄, 葛城幸雄, 金沢照子, 科学, 34, 142-148 (1964).
- 2) Y. Katsuragi, M. Aoyama, 気象研究所研究報告, 37, 15-36 (1986).
- 3) H. Higuuji, et al., J. Environ. Radioactivity, 6, 131-144 (1988).
- 4) K. Hirose, M. Aoyama, Y. Katsuragi, Y. Sugimura, J. Meteorol. Soc. Japan, 65, 259-277 (1987).
- 5) 宮城県、平成9年度 女川原子力発電所環境放射能調査結果、第17巻5号、p. 6-10 及び p. 54-57 (1997) .
- 6) 宮城県、平成10年度 女川原子力発電所環境放射能調査結果、第18巻5号、p. 6-10 及び p. 53-56 (1998) .
- 7) 宮城県、平成11年度 女川原子力発電所環境放射能調査結果、第19巻5号、p. 6-10 及び p. 53-56 (1999) .
- 8) 石川陽一ほか, 日本保健物理学会第35回研究発表会, 仙台 (2001年5月) .
- 9) Y. Igarashi, M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, S. Yabuki, Water, Air and Soil Pollution, 130, 349-354 (2001).
- 10) 石川陽一, 庄子克巳, 宮城県原子力センター年報第15巻, 34-56 (1996).
- 11) 宮城県、平成12年度 女川原子力発電所環境放射能調査結果、第20巻5号、p. 55-56 (2000) .

- 12) 北海道, 泊発電所環境放射線監視結果報告書, 平成 13 年度第 4 四半期, 平成 14 年 6 月.
- 13) 福島県, 原子力発電所の環境放射能測定結果, 平成 13 年度第 4 四半期, 平成 14 年 6 月.
- 14) 新潟県, 東京電力株式会社, 平成 13 年度 柏崎刈羽原子力発電所環境放射線監視調査結果報告書, 平成 14 年 8 月.
- 15) 福井県環境放射能測定技術会議, 原子力発電所周辺の環境放射能調査報告, 平成 13 年度第 4 報, 平成 14 年 6 月.
- 16) 愛媛県, 伊方原子力発電所周辺環境放射能等調査結果, 平成 13 年度第 4 四半期, 平成 14 年 6 月.
- 17) K. Kodaira et al., CONF-780422, Natural Radiation Environment III, Proceedings, Houston, USA, Apr. 23-28, 1978, p.611-632 (1980).
- 18) 新村 出編著, 広辞苑 第五版, 岩波書店, 東京, 1998 年.
- 19) 理化学辞典 第 5 版, 岩波書店, 東京, 1998 年.
- 20) 浅井富雄, 内田英治, 河村 武 監修, 気象の事典, 平凡社, 東京, 1991 年.
- 21) 吉野正敏 ほか 編集, 気候学・気象学事典, 二宮書店, 東京, 1986 年.
- 22) 森 育子, 岩坂泰信, 西川将高, 全 浩, 環境化学, 6, 567-573 (1996).
- 23) 中根英昭, 笹野泰弘, 国立公害研究所研究報告, 102 号, 161-169 (1986).
- 24) 気象研究所, 環境における人工放射能の研究 1954-2001, p.1-2 (2002).
- 25) 鈴木利孝, 角階静男, 月刊 海洋科学, 19, 657-662 (1987).
- 26) 井上克弘, 溝田智俊, 粘土科学, 28, 30-47 (1988).
- 27) 石坂 隆, 小野 晃, 角脇 怜, 天気, 28, 651-665 (1981).
- 28) H. Mukai, Y. Ambe, K. Shibata, Atmosph. Environ., 1379-1390 (1990).
- 29) J. W. Winchester, 大気汚染学会誌, 19, 1-19 (1984).
- 30) P. R. Betzer, et al., Nature, 336, 568-571 (1988).
- 31) J. T. Merril, R. Bleck, L. Avila, J. Geophys. Res., 90, 12927-12936 (1985).
- 32) K. Inoue, T. Naruse, Soil Sci. Plant Nutr., 33, 327-345 (1987).
- 33) 上原浩之, 気象, 45・5, 17202-17203 (2001).
- 34) 菊池明弘, 気象, 44・6, 16670-16671 (2000).
- 35) 気象庁ホームページ (URL: www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/press/0204/15a/kosa.pdf), 報道発表資料, 平成 14 年 4 月 15 日.
- 36) Y. Igarashi, et al., Applied Radiation and Isotopes, 50, 1063-1073 (1999).
- 37) A. W. Klement, Health Physics, 11, 1265-1274 (1965).
- 38) 滝沢宗治, 日本分析センター広報, No. 8, p.21-32 (1983).
- 39) 川瀬金次郎ら, 環境放射能 -汚染の実態と問題点-, 東海大学出版会, 東京, p.258-266 (1971).
- 40) 石川陽一ら, 宮城県原子力センター年報, 第 1 巻, p.37-40 (1982).
加茂泰彦, 石川陽一, 宮城県原子力センター年報, 第 8 巻, p.10-13 (1989).
- 41) NIRS (National Institute of Radiological Sciences), Radioactivity Survey Data in Japan, No.132, 2002 年.
- 42) 溝畑 朗, 伊藤憲男, エアロゾル研究, 10, 127-134 (1995).

- 43) I. Mori, et al., *Atmosph. Environ.*, 33, 601-609 (1999).
- 44) 酒井 均, 松久幸敬, *安定同位体地球化学*, 東京大学出版会, 東京, 1996, p. 233-234.
- 45) 柚原雅樹, 渡部直喜, *新潟大学災害研年報*, 21, 119-124 (1999).
- 46) N. Murao, et al., *J. Global Environ. Engineering*, 3, 23-35 (1997).

III 技術報告

新環境放射線監視システムの概要について

今野達矢、木立博、加賀谷秀樹*

本県では、1981年より環境放射線監視システムにより東北電力女川原子力発電所周辺の環境放射線監視を行っている。1990年のシステム更新以来、11年が経過しており、昨今の進歩した技術を取り入れてシステムの全面更新を行った。

システムの再構築にあたっては、各種異常時における電子メール通報や、分散処理及び高速デジタル回線の採用による各種処理の高速化、データの可視化等による操作性の向上を図った。

I はじめに

本県では、東北電力女川原子力発電所（以下、「発電所」と略す）1号機が1984年6月に営業運転を開始するのに先立ち、1981年度から環境放射線監視システム¹⁾によって、原子力発電所周辺の環境放射線の常時監視を行ってきた。

環境放射線監視システムは発電所周辺7カ所に県が設置したモニタリングステーション（以下、「MS」と略す）からの放射線データ、気象データ等及び発電所中央監視局からのデータ（電力MS、放水口モニター及び海水温度計測定データ）を原子力センターに設置した中央監視局に収集して監視を行うとともに、石巻市、女川町等の周辺4市町に設置した副監視局等にデータ公開を行うものである。なお、本システムは大きく2つのシステムからなり、常時監視を行う「環境監視システム」と人口、集落等の地域情報を管理し、拡散線量予測計算等を行う「地域管理システム」で構成される。

これまでには1990年度にシステムの全面更新²⁾を行っているが、今回、システムの再構築による更新を行い、分散処理による各種処理の高速化やデータの可視化等による操作性の向上を図り、2002年4月から運用を開始している。

II システムの概要

1 更新範囲

今回の更新対象を以下に示す。また、システム構成図を図1に、主要更新機器一覧を表1に示す。

- ・ MS子局装置及び電源関係機器：全7局中6局

小積MSに関しては、2000年度の新設時に新型テレメータ装置が設置されているため既設利用を行った。

- ・ 中央監視局

2000年度の小積MS増設時に整備したテレメータ親局、収集サーバ、カラーレーザプリンタ等に関しては、既設利用を行った。

* 現在、環境生活部資源循環推進課

表 1 主要更新機器一覧

装置名	機器名	型番	数量	備考
MS 子局装置	テレメータ子局装置	FHKT-95EX-S	6	CPU:80486SXSF-33(32MHz)、半導体ディスク24MB
	データ表示盤		6	LEDドットマトリクス方式(16×16ドット)、表示文字数:8文字1段
	無停電電源装置	M-UPS030J11W		容量3KVA
	保守端末装置	FMVNU1L2C2	3	CPU:モジュールPentium3(750MHz)、メモリ:128MB、ディスク20.0GB (1台は既設流用)
テレメータ親局装置	テレメータ親局装置	FHKT-95EX-R	1	CPU:80486SXSF-33(32MHz)
	PRIMEPOWER 200	PP020DP1	1	ペディスタイルタイプ、CPU:SPARC64GP(500MHz)×2、メモリ:1GB、ディスク:18.2GB
	内蔵DAT装置	GP7B3DT1A	1	DDS-3対応、24GB/巻(圧縮時)
	内蔵ディスク装置	PP023D92A	1	1.9.1GB(DBのRedoログファイル用)
	GR710ディスクアレイ装置	GR71BE1	1	1FCタワーモデルベースユニット
	RAID電源運動機構	GR71-D36A	2	36GBHDD*6(4D+1P)+HS(全合計:263.82GB)
	リモートコンソール接続装置	GR71-RC1	1	ケーブル添付(4.3m)
	PRIMEPOWER 200	GP7B3RM2	1	コンソールは既集サーバと共有で使用
	ペーシング通信カード	PP020CP1	1	ペディスタイルタイプ、CPU:SPARC64GP(400MHz)、メモリ:512MB、ディスク:36.4GB
	リモートコンソール接続装置	GP7B8BA1	1	電力通信用、V.24*4ch、ペーシング手順サポート
収集サーバ	リモートコンソール接続装置	GP7B3RM2	1	
	コンソール	FMV6SLX121	1	FMV-6800SL6、CPU:Pentium III 800EBMHz、メモリ:128MB、ディスク:40.0GB、CD:40倍速、PCI:3
	コンソール画面	VL-1550S	1	15インチカラー液晶ディスプレイ
	PRIMEPOWER 200	PP020CP1	1	ペディスタイルタイプ、CPU:SPARC64GP(400MHz)、メモリ:512MB、ディスク:36.4GB
地域管理システム装置	内蔵DAT装置	GP7B3DT1A	1	DDS-3対応、24GB/巻(圧縮時)
	サーバ用エンabler	X7143AJ	1	17インチCRT、日本語キーボード、マウス
	FMV-611GSL7e	FMV7SLH121	1	Windows2000Pro、CPU:Pentium3(1.13GHz)、メモリ:512MB、ディスク:30.0GB
	17インチTFTディスプレイ	VL-1700SS	1	
緊急通報装置	FMV-6866TX6	FMV6TXZ1A1	1	WindowsNT、CPU:Pentium3(866MHz)、メモリ:256MB、ディスク20.4GB
	15インチディスプレイ	FMV-DP849	1	
	4回線電話通報カード	CTV104A	1	
	FAX応答カード	CTF104B	1	
操作端末	FMV-611GSL7e	FMV7SLH121	3	Windows2000Pro、CPU:Pentium3(1.13GHz)、メモリ:512MB、ディスク:30.0GB
	17インチTFTディスプレイ	VL-1700SS	3	
	3.5インチ光磁気ディスクユニット	FMC-PD8	1	1.3GB
	CD-RW	CDRW-SX24B	1	CD-Rライト24倍速、CD-RWライト10倍速、GD-ROMリード40倍速、SCSIインタフェース
職員携帯端末	FMV-6700NIU9/L	FMV9NU1LC2	3	Windows2000Pro、CPU:Pentium3(700MHz)、メモリ:128MB、ディスク:10.0GB
	モノクロレーザプリンタ	XL-6700	1	
	カラーレーザプリンタ	XL-C3100	1	既設流用
	携帯電話	NTTdocomo So503i	3	2つ折りタイプ
自動時刻校正装置	TDC-50		3	FM受信機による正時報受信
	FMV-611GSL7e	FMV7SLH121	1	Windows2000Pro、CPU:Pentium3(1.13GHz)、メモリ:512MB、ディスク:30.0GB
	17インチTFTディスプレイ	VL-1700SS	1	
	レーザプリンタ	XL-6100	1	
副監視盤装置	FMV-6866SL7	FMV7SLLZ121	4	Windows2000Pro、CPU:Pentium III 866MHz、メモリ:256MB、ディスク:30GB
	42インチディスプレイ	FP-4210	4	
	無停電電源装置	GP5SUP102A	4	容量500VA
	FMV-6866SL7	FMV7SLZ121	4	Windows2000Pro、CPU:Pentium III 866MHz、メモリ:128MB、ディスク:30GB
副監視局端末	3.5インチ光磁気ディスクユニット	FMC-PD7	4	640MB
	カラーインクジェットプリンタ	PM-780GS	4	
	17インチTFTディスプレイ	VL-1700SS	4	
	大型データ表示盤		1	特注、LED電光表示部、100インチモニター(50インチDLP×4)
大型データ表示盤	タッチパネル画面		15	インチTFTディスプレイ
	FMV-611GSL7e	FMV7SLH121	1	Windows2000Pro、CPU:Pentium3(1.13GHz)、メモリ:512MB、ディスク:30.0GB
	DVD-RAMドライブユニット	FMDVA-111	1	DVD-RAM2倍速、DVD-ROM6倍速、GD-ROMリード24倍速、SCSIインタフェース

- ・ 副監視局：全6局中4局

石巻市役所及び同荻浜支所に関しては、2000年度の増設時に新型副監視局が設置されているため既設利用を行った。

- ・ 県庁局
- ・ 職員携帯端末：3台

2 新システムの新機能及び改良点

新システムにおいては、解析機能、空間ガンマ線スペクトルの連続収集や人工放射線起因線量率（剰余線量率）の評価等の特徴を継承しながら、各種処理・通信の高速化、システム操作性・信頼性の向上及び各種データ出力の多様化を理念とし構築を行った。以下に新システムの新機能及び改良点を示す。

(1) 緊急時対応機能の強化

① 2分値データ収集

2000年8月に一部改正された「環境放射線モニタリングに関する指針」（原子力安全委員会）において、テレメータシステムに関して測定値が通常の変動幅をはずれた場合にはデータ収集間隔を2分程度に短くすることと明記³⁾されたことから、新システムでは放射線データ及び気象データの2分値収集を行う機能を付加し、全ての出力が2分値となる「緊急時モード」を新たに構築した。また、従来までの10分値収集よりもシステムの高速化が求められるので、通信回線の高速化を図るため、データ収集及び配信に関する専用回線をNTTデジタルアクセス64kbps（DA64）とした。

② 緊急通報機能の向上

前システムにおいては、線量率等がしきい値を超えた場合やシステムに異常が発生した場合に、システムから担当職員のポケットベルへメッセージ配信を行っていたが、コード番号での配信であったため細かな情報（発生日時、場所等）を得ることが不可能であった。

新システムでは旧システムの改良を図るため、情報技術の進展を考慮して電子メールによる細かな事象通知を行うものとした。これらは通報先を担当者の携帯電話に設定することにより、早急かつ具体的な対応を可能としている。また、同メッセージを中央監視室内に音声発報及びFAX送信することも可能とした。

③ 宮城県原子力防災対策センター（オフサイトセンター）への監視データ送信

オフサイトセンターはJCO臨界事故を機とし、全国的に原子力関係施設が立地する地域に建設された防災対策の拠点施設であるが、緊急時の判断に資するため監視データ（2分値）を常時送信している。

(2) クライアント-サーバ方式の採用

中央監視局については、前システムではオンライン系とオフライン系を分割しサーバ集中型のシステム構成であった。今回は分散処理による各種処理の高速化を図るために、クライアント-サーバ方式とした。サーバ側は常時監視の中核をなす部分であるので、機器の安定動作を確保するためにUNIXサーバとし、クライアント側は情報処理に関する高度な専門的知識、経験を有さない職員でも容易に操作を可能とするた

めにWindows PCとした。

(3) データの保護と多重化

常時監視を担保するための確実なデータ収集及び収集データの破損による消失を防ぐため、MS子局装置及びテレメータ親局装置の記憶媒体に可動部品を使用しない半導体メモリーを使用し、また、中央監視局のデータベースサーバにRAID(Redundant Array of Inexpensive Disks)構成による磁気ディスク装置を搭載することにより、データ破損の確率をできるだけ低減させる高信頼設計を施した。なお、MS子局装置、収集サーバ及びデータベースサーバでそれぞれデータを保存できるように多重化を施している。

(4) リレーショナルデータベースの採用

過去データを自由に選別して利用できるように、データの保存にはリレーショナルデータベースを採用した。これにより、一般的なデータベース閲覧ソフト(Object browser for Windows Ver. 7.0.4.22)にてSQL言語を用いた柔軟なデータ抽出を可能とした。なお、データは最大で約30年間分保存可能である。

(5) システム操作性の向上

システム操作は簡便な操作で行えるように、各種機能はGUI(Graphical User Interface)操作で行えるものとした。また、状態把握の高速化を目的として、時系列、図や樹形図等を用いてデータを集約し、1画面でデータ及びシステム全体を可視化する端末画面設計を行った。

(6) 特性計算の改良

剰余線量率を算出するために使用しているレスポンスマトリクス(応答行列)法⁴⁾における測定された波高分布から入射ガンマ線のエネルギースペクトルに変換する際の処理にて、従来は固定された応答行列を使用していたが、湊による分解能対応型簡易補正法⁵⁾を導入し、NaI(Tl)シンチレーション式検出器の分解能及び勾配を入力することにより、各局の検出器の特性に応じた応答行列を作成することを可能とした。

(7) 地域管理システムの高度化

① 拡散線量予測計算の高度化

前システムより運用を行っている「EXPRESS」は、日本原子力研究所で開発された小型計算機向けの実時間大気拡散・被ばく評価数値計算コードであるが、質量保存風速場モデル計算を行うEXPRESS-1と、大気拡散モデル及び濃度・被ばく線量評価計算を行うEXPRESS-2からなる。以下に新システムにおける改良点を示す。

・操作性の向上

従来はEXPRESS-1起動・計算の後に、EXPRESS-2の起動、EXPRESS-1計算結果の受け渡しを行う必要があったが、今回は自動処理とした。

・ネステッド格子の採用

計算範囲について発電所中心とした25×25kmの範囲を広域、10×10kmの範囲を狭域と区分し、広域は50×50メッシュ、狭域はさらに詳細な100×100メッシ

ュに区切って計算し、両区域の計算結果を合成して表示できるようにした。

・GISとの統合

計算結果をGIS（Geographical Information System：地理情報システム）上に表示し、線量率等値線及び任意区域の住民数、避難施設等の検索を可能とした。

② 被ばく線量予測システムの導入

本システムはEXPRESSの計算結果を基に、地図上でモニタリング地点の選定を行い、その地点へモニタリング要員を派遣する際の要員の積算被ばく線量を計算し、結果表示を行うシミュレータである。

（8）地域住民に対するデータ提供機器の更新

① MSデータ表示盤

従来は線量率のみのデジタル表示であったものを、8文字1列の電光表示盤に変更し線量率のほかに柔軟にメッセージを表示することも可能とした。運用例としては、機器の調整中や降水時の線量率上昇時のコメントを自動的に流している。

② 大型データ表示盤

原子力センター1階ホールには、1981年度に環境放射線監視システムを構築した際に導入した大型データ表示盤が設置されていたが、表示できるのは線量率及び気象データ等のみであった。その装置は使用開始から20年間が経過し老朽化もみられたことから全面更新を行った。今回更新した表示盤中央部には100インチモニターを配置し、手元タッチパネルにより来館者が希望する画面を閲覧できるようにし、また、盤の両端には電光表示盤を配置して線量率及び気象データ等の表示を行っている。

Ⅲ システムの構成

システムの構成は、以下のように大別することができる。

① MS

② 中央監視局

- ・環境監視システム（環境放射線常時監視）
- ・地域管理システム（拡散線量予測計算及び被ばく線量予測システム）
- ・情報公関係（インターネット公開、広報システム等）

③ 副監視局

④ 県庁局

⑤ 職員携帯端末

以下、各々の構成について前システムと相違のある部分及び重要な部分について示す。

1 MS

MSでは環境放射線測定、気象要素測定及び大気中浮遊塵の採取を行っており、機器動作の安定を図るために終日、空調機により一定温度に管理している。テレメータ子局装置は監視測定機器からのデータ収集、機器状態監視及び機器制御を行うために設置している。MSにおける測定データ項目を表2に示す。

表 2 MSにおける測定データ項目

区分	項目	単位	モニタリングステーション局名							データ収集間隔		
			女川町			牡鹿町			石巻市	2分値	10分値	任意
			女川局	飯子浜局	小屋取局	奇磯局	蛟浦局	谷川局	小積局			
空間放射線量	電離箱検出器	電離箱線量率	nGy/h	○	○	○	○	○	○	○	○	
	NaI(Tl)検出器	G(E)線量率	nGy/h	○	○	○	○	○	○	○	○	
		γ線スペクトル	—	○	○	○	○	○	○	○	○	
気象要素	風向・風速計	風向	16方位	○	○	○	○	○	○	○	○	
		風速	m/s	○	○	○	○	○	○	○	○	
	感雨計	感雨	有・無	○		○	○	○		○	○	
	降水量計	降水量	mm	○		○	○	○		○	○	
	土壌水分計	土壌水分	%	○			○			○	○	
	温度計	気温	℃	○				○		○	○	
	日射計	日射量	kw/m ²	○				○		○	○	
	放射収支計	放射収支量	kw/m ²	○				○		○	○	
	ソーラータイマ	ソーラータイマ	昼・夜	○				○		○	○	
大気浮遊塵	ダストサンプラー	積算流量	リットル	○	○		○	○	○		○	
測定器の制御信号、機器監視情報				○	○	○	○	○	○			○

(1) テレメータ子局装置

子局装置はこれまでのミニコンピュータ型から、道路情報監視や河川情報システムにも使用されているテレメータ装置とし、装置内に可動部品を使用しない高信頼設計を施した。

① データ入出力

監視測定機器に関する監視データ収集及び制御・機器状態信号送信は、パルス、アナログ入力及びシリアルインターフェイス、中央監視局テレメータ親局との通信はルータを介して専用回線DA64で行われる。中央監視局への監視データ送信は2分間隔に行われるが、空間ガンマ線スペクトルデータに関しては、計数値を大きくするため及び通信トラフィック減少のために10分間隔としている。

② 保存機能

半導体メモリー (SRAM24MB) を実装し、監視データ全項目に対して、2分値データ最大14日間、10分値データ最大40日間分の保存が可能である。この期間内であれば、通信回線障害時における中央監視局へのデータ未伝送期間及び中央監視局データ破損時においても、中央監視局の監視データ補完を行うことができる。

③ 機器制御等

中央監視局操作端末からの命令により、機器調整中信号の送信やダストサンプラーの起動・停止等を行う。また、子局は中央監視局時刻校正装置により内部時刻校正され、放射線測定機器の内部時刻校正を行っている。

(2) データ表示盤

8文字1列の電光表示盤を設置し、電離箱線量率及び住民へのメッセージを停止表示及び横流れ表示している。1文字は約10cmの正方形で16×16ドットLEDマトリクスで構成され、文字は赤、緑及び橙色で表示可能であり、視認距離は約24mである。メッセージは中央監視局操作端末により編集可能であり、また、電離箱線量率の高低によりメッセージを自動的に切替える機能を有している。

(3) 保守操作端末

子局保守用コンソール画面として使用され、子局にシリアル接続することにより、自局及び他局の監視データを閲覧する機能を有する。また、MS～中央監視局間の長期通信回線障害時は、本端末により監視データを回収して中央監視局テレメータ親局に接続することにより監視データを補完することが可能である。

(4) 電源関係機器

MSへの電源供給は商用電源から行っているが、全ての機器に対し、供給する前に耐雷トランス及び無停電電源装置（容量3kVA）を経由し、落雷及び停電時の機器の保護を図っている。

2 中央監視局

中央監視局は環境放射線常時監視を行う「環境監視システム」、拡散線量予測計算及び被ばく線量予測システムを行う「地域管理システム」、情報公開用機器及び出力機器（カラー及びモノクロレーザプリンタ）で構成される。全ての機器はLAN(主要な部分は100Mbps)接続され、クライアント-サーバ方式でシステム構成している。テレメータ子局、副監視局等の外部との通信及び中央監視局内の装置間通信の伝送制御手順はTCP/IPとした。なお、機器の選定においては、サーバ側は機器の安定動作を重視しUNIXサーバ、クライアント側は操作性を重視しWindows PCとした。なお、自動時刻校正装置がネットワーク接続されており、内蔵FM受信機により時報を受信し、サーバ及び端末等の時刻校正を1日1回行っている。

中央監視局は原子力センター1階の中央監視室に設置されており、MSと同様に機器動作の安定を図るために終日、空調機により一定温度に管理している。機器の安定動作を図るために無停電電源装置（CVCF機能内蔵、40kVA、保持時間30分）を用いており、また、商用電源断の際には出力112kWの発動発電機によって、電源供給を行う。

2-1 環境監視システム

環境監視システムは本システムの根幹をなすものであり、以下の装置から構成される。

(1) テレメータ親局装置

テレメータ親局装置は、テレメータ子局装置と収集サーバ間の通信の中継及び原子力センター1階ホール大型データ表示盤LED部への各種監視データ表示を行っている。なお、親局装置と子局装置には同様のテレメータ装置を用いており、テレメータ方式は1:Nポーリング方式を採用している。

(2) 収集サーバ

収集サーバは、主にシステムにおける短期的な処理を行う装置であり、システムの中核となる。UNIXサーバ（CPU:SPARC64GP(クロック周波数400MHz)、メモリ:512MB、ハードディスク容量:36.4GB）及びコンソール端末で構成される。

① 収集、通信機能

MS、電力中央局及び各関係機関とのデータ通信に関わる機能で、2分値データ送受信という短時間での処理を要求されることから、使用するデータはデータベースサーバを経由せず、収集サーバ内部の磁気ディスク装置内データを用いる構成を取っている。

・MSデータ収集・送信

各テレメータ子局装置とのデータの送受信をテレメータ親局装置を経由して行う。

データ収集方法には、収集サーバからのデータ収集要求により実行される正2分毎の「定時収集」及び収集未完時に実行される「バックアップ収集」の自動収集及び操作端末より任意期間を指定し再収集を行う「手動バックアップ収集」機能がある。

子局に対するデータ送信は、時刻修正、MSデータ表示盤のメッセージ変更及び定数変更要求等がある。

・電力中央局データ収集・送信

現在は電力中央監視局とのデータ通信には電力私設線を用い、互いに10分値データをBSCコンテンションにて通信している（2003年度の電力中央局更新時には、通信回線は県と同様のDA64とし、2分値データをTCP/IPで送受信する方式となる予定）。なお、収集サーバから電力中央局へデータ収集要求をすることによりデータを受信し、そののち県データを送信する手順としている。

・SPEEDI中継器I及びオフサイトセンター送信

県及び電力の2分・10分値データを、それぞれ2分・10分周期にてSPEEDI中継器I及びオフサイトセンターに対しFTPによりファイル転送を行う。また、送信先からのデータ再送要求に対応しており、過去15ヶ月間のデータについて対応可能である。

② 解析機能

・スケール変換

MSより収集した生データ（パルスカウント、アナログ値、接点及びRS-232Cデータ）を予め設定された定数を用いて実際の測定単位（nGy/h、m/s、方位、℃等）に変換する。

・データチェック

MSより収集した生データのチェックを行い、異常と判定されたデータに関しては欠測とし、その旨をコンソールに出力し、運用者に通知する。また、線量率データの測定器健全性チェック及び緊急時判定チェックを行い、これを超えた場合は通報レベルに応じてメッセージ出力、警報または緊急通報を行う。

・特性計算

空間ガンマ線スペクトルの連続収集・解析及び人工放射線起因線量率（剰余線量率）等の処理に関わる計算を特性計算という。

主要な処理としては、エネルギー対チャンネルの補正処理、レスポンスマトリクス変換処理、バックグラウンド推定処理及び剰余線量率計算処理等が挙げられる。（詳細は過去の年報²⁾を参照）

なお、レスポンスマトリクス（応答行列）を分解能対応型簡易補正法⁵⁾により、NaI(Tl)シンチレーション式検出器の分解能及び勾配を入力することで、各局の検出器の特性に応じた応答行列を作成する機能を新規に付加している。

③ 保存機能

収集されたデータは、まず収集サーバ内部の磁気ディスク装置に保存され、保存可能期間は2分、10分及び1時間値データで最大15ヶ月間分である。また、2分及

び10分値データをデータベースサーバのデータベースへ登録を行う機能を有する。

④ システム管理関係機能

・ 状態監視・機器監視

監視測定機器、テレメータ子局装置及び親局装置、その他のシステム機器を監視し、異常発生時には操作端末のシステム状態監視画面への出力及び緊急通報装置への指示を行う。

・ ログ管理

収集サーバにて発生した運用状況、異常発生情報をリアルタイムにログ出力を行う。出力したログは収集サーバのコンソール装置及び操作端末にて再び参照することができる。ログのメッセージ保存可能件数は、最大50000件（約14日以上）である。

・ 測定局制御

操作端末からの命令入力により、監視測定機器、MS及び大型データ表示盤の制御を行う。

・ モード制御

操作端末からのシステム動作モードを自動または手動に切替える機能である。動作モードは大別して「運用モード」と「訓練モード」があり、それぞれに[通常]と[緊急]がある。

運用モードは通常の監視業務にて用い、訓練モードは原子力防災訓練時に使用する。訓練モードにおいては、操作端末、副監視局、大型データ表示盤や関係機関等の全ての装置へ、職員が作成した監視模擬データを送信先を選択して送ることが可能である。[通常]時は10分値データ表示であるが、[緊急]時はインターネット公開画面以外の各種出力が2分値データ表示となる。

[緊急]への移行は線量率の10分値データに一定時間以上、異常な上昇がみられた際に自動的に実行される。なおその際は運用及び訓練モードにかかわらず「運用[緊急]モード」へ移行する。

(3) データベースサーバ

データベースサーバは、主にシステムにおける長期的なデータ処理を行う装置であり、各種データのデータベースへの保存、統計解析及び中央監視局内の各種装置へのデータ提供・送信を行う機能を有する。UNIXサーバ（CPU:SPARC64GP(クロック周波数500MHz)×2, メモリ:1GB, ハードディスク容量:45.4GB)及び磁気ディスクアレイ装置（方式:RAID5, ハードディスク容量:36GB×12=263.8GB）で構成され、サーバはシステム高速化のためデュアルCPUを採用した。

① 保存機能

収集サーバから監視データを受信し、データベースへの保存を行う。データベースはORACLE Database Enterprise Edition R8.1.7Bを用い、リレーショナルデータベースとしている。また、保存先の磁気ディスク装置はRAID構成とし、データ破損の確率を低減させている。保存可能期間は2分値データで最大13ヶ月間分、10分値データで最大30年間分である。

② 解析機能

監視データを基に統計解析を行い、その結果を蓄積及び保存する機能である。定められた時刻に1時間値計算、日及び月毎集計が自動処理され、操作端末からの命

令により季及び年毎集計処理が実行される。なお、データ修正を行った際には当該期間の月毎集計まで自動処理される。

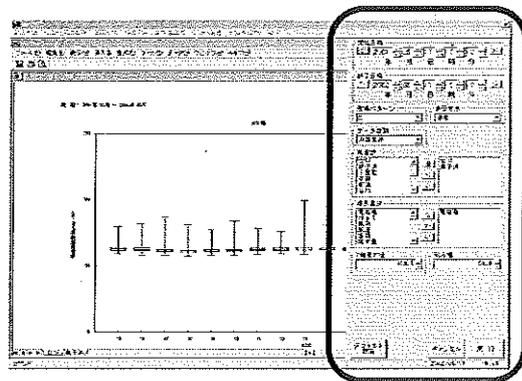
③ データ提供・送信

操作端末、緊急通報装置、大型データ表示盤等の中央監視局内装置へのデータ提供や、広報システムサーバ及びインターネットサーバへ定周期にてFTPによるデータ送信を行う。

(4) 操作端末

本端末は本システムにおいて、平常時及び緊急時ともに、ほぼ全ての操作を行う端末であることを特に留意してシステム設計を行った。本端末は容易な操作を可能とするためにWindows PCとし、中央監視室に2台、事務室担当職員机上に1台配置されている。また、外部データ出力用としてMO及びCD-R各1台を装備している。

本システムにおける大部分の機能の実行は本端末より行い、各種機能の実行はGUI操作で、プルダウンメニュー及び設定メニュー（通常は非表示であるが、マウスを画面右端に移動させると出現する種々のパラメータ入力小画面）のみの操作である。設定メニュー画面を図2に示す。



←枠線内が設定メニュー

日時、表示パターン、グラフ種別、局、項目等が選択可能。

図2 設定メニュー画面

① 総合監視画面

1画面上でデータ及びシステム全体を可視化する構成としている。通常、日常業務にて使用する画面はこの1画面である。総合監視画面を図3に示し、以降、画面を構成しているデータを示す。

・現在の各種監視データ

MS、モニタリングポスト、放水口モニター、排気筒モニター及び各種気象測器の最新データを表示する。

放射線関係のデータに関しては、測定値が設定したレベルを超過したりまたは下

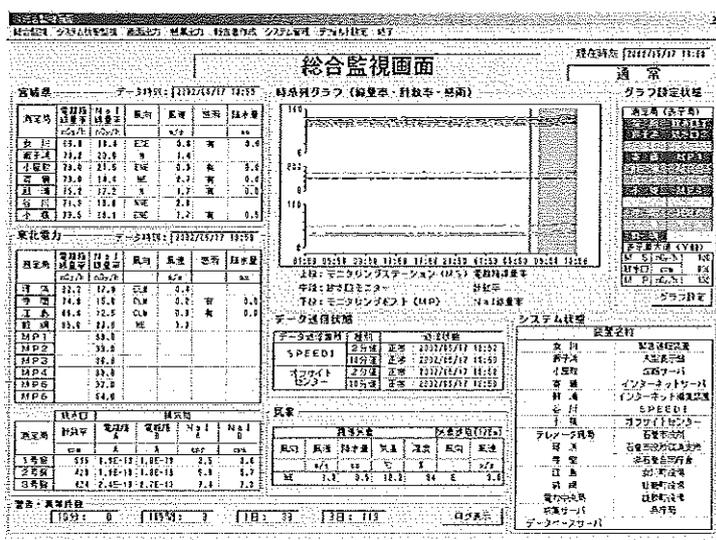


図3 総合監視画面

回った場合には表示部分色が変化する。レベルは6段階設定しており、「緊急判定値2:赤」、「緊急判定値1:橙」、「チェックレベル:桃」、「過去最大:薄橙」、「調査レベル:黄」、「過去最小:青」としている。

・ 過去36時間の線量率時系列図

MS、モニタリングポスト及び放水口モニターについて示し、線量率が上昇する降水時間帯には水色の帯が表示される。

・ 外部へのデータ送信状態

SPEEDI中継器I及びオフサイトセンターへの2分及び10分値データ送信について、正常/異常が表示される。

・ 異常、警告ログ件数

過去10分間、1時間、1日及び3日間の異常、警告ログの件数が表示され、ボタンをクリックすることにより、ログ表示画面に遷移する。

・ システム状態

MS、中央監視局各装置、副監視局等の外部装置異常または監視データ異常が検出された場合、当該装置表示部分色が赤色となり警告する。機器名称部をクリックすることで、システム状態監視詳細画面へ遷移する。

② システム状態監視画面

システムを樹形図化した画面で、装置または監視データに異常が発生している装置表示部分色が赤色点滅する。機器名称部をクリックすることにより、システム状態監視詳細画面へ遷移する。

システム状態監視画面を図4に示す。

システム状態監視詳細画面はシステムを更に細分化して異常箇所及び項目を示す図であり、正常部は緑色、異常部は赤色で示し、オペレータの判断を容易にしている。例えば女川MSについては、約80項目に細分化されている。システム状態監視詳細画面を図5に示す。

③ 画面出力

ログ、時系列図、スペクトル図、相関図、定時報(数値、地図グラフ)等、各種データ出力を行う。データ種別及び期間は任意に設定可能である。例として、図6及び7に画面出力例を示す。

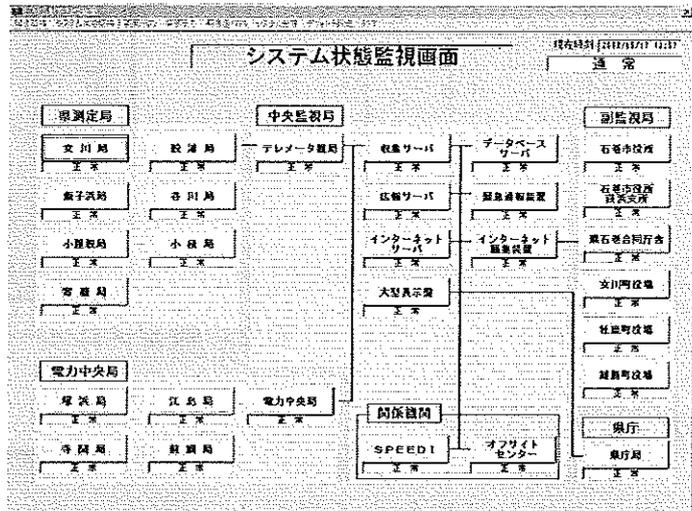


図4 システム状態監視画面

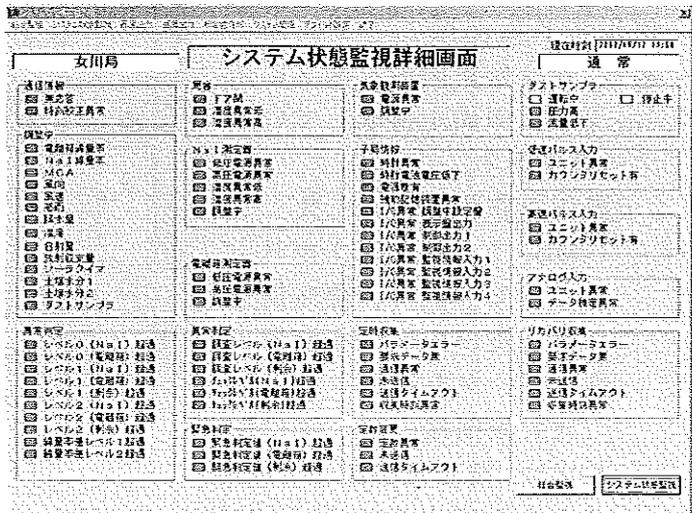


図5 システム状態監視詳細画面

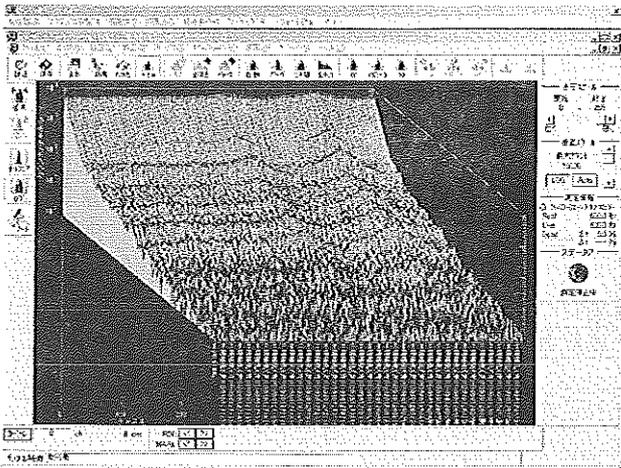


図6 ガンマ線スペクトル図（3次元）
画面出力例

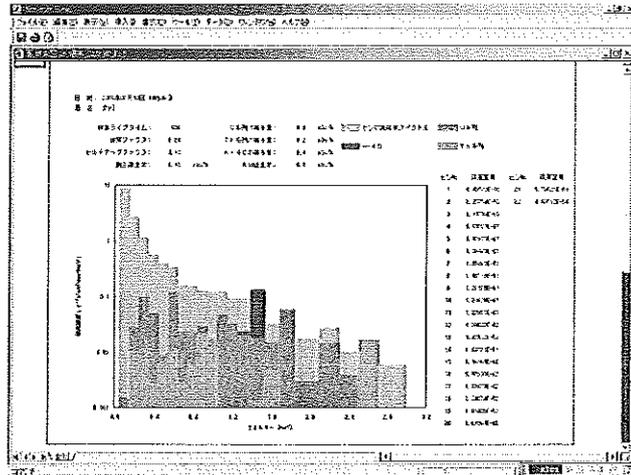


図7 線束スペクトル図（2次元）
画面出力例

④ 帳票出力

日報、月報、季報及び年報の出力を行う。それぞれの帳票において、項目毎に細分化した帳票が出力可能である。表3に帳票一覧を示す。

表3 帳票一覧

種別	名称	種別	名称
日報	日報（全局）＜時系列図＞	季報	季報（線量率集計表・計数率集計表）
	日報（全局）		季報（局別線量率）＜局別空間ガンマ線線量率測定結果＞
	日報（全局）＜エネルギーチャネルキャリブレーションデータ＞		季報（風配図）
	日報（全局）＜敷地内データ＞		季報（風向）
	日報（全局）＜データチェックリスト＞		季報（風速）
	日報（全局）＜欠測情報＞		季報（大気安定度）
月報	月報（全局）＜時系列図＞	季報（傾度分布図）	
	月報（全局）	季報（傾度分布表）	
	月報（全局）＜敷地内データ＞	年報	年報（全局）＜経時変化図＞
	月報（定時降水・委託）		年報（全局）
	月報（降雨増分）		年報（全局）＜敷地内データ＞
	月報（気象）		年報（空間ガンマ線線量率測定結果）
	月報（局）		年報（海水（放水）中の全ガンマ線計数率測定結果）
	月報（キャリブレーションリスト）		年報（超過数一覧）
月報（偏回帰係数リスト）	年報（線量率集計表・計数率集計表）		
季報	季報（全局）＜経時変化図＞		年報（風配図）
	季報（全局）	年報（風向）	
	季報（全局）＜敷地内データ＞	年報（風速）	
	季報（空間ガンマ線線量率測定結果）	年報（大気安定度）	
	季報（海水（放水）中の全ガンマ線計数率測定結果）	年報（傾度分布図）	
	季報（超過数一覧）	年報（傾度分布表）	

⑤ 報告書作成

四半期または年間の監視データの報告様式を出力する。帳票出力と同様に細分化した帳票が出力可能である。表4に報告書一覧を示す。

表 4 報告書一覧

種別	名 称
季報	季報（全局）＜経時変化図＞調査レベル有
	季報（全局）＜経時変化図＞調査レベル無
	季報（空間ガンマ線線量率測定結果）
	季報（局別線量率）＜局別空間ガンマ線線量率測定結果＞
	季報（超過数一覧）
	季報（調査レベル超過数、降雨）
	季報（欠測内訳）
年報	年報（空間ガンマ線線量率測定結果）
	年報（海水（放水）中の全ガンマ線計数率測定結果）
	年報（ボックスプロット図）
	年報（電離箱検出器による空間ガンマ線線量率測定結果）
	年報（風速・大気安定度）
	年報（風配図）
	年報（線量率集計表・計数率集計表）

⑥ システム管理

・データ修正、退避及び復元

データ修正に関しては、時系列図上で当該データをクリックすることにより修正可能な新規機能を付加した。なお、データ修正を実行すると収集サーバ、データベースサーバ及びインターネットサーバ内のデータが自動的に全て修正される。

・表示盤制御

MSデータ表示盤に表示するメッセージの編集を行う。

・モード制御

「運用モード」と「訓練モード」があり、それぞれに[通常]と[緊急]があるが、手動にて移行する際に使用する。

・その他

データ異常時等の通報レベルを設定する「通報パターン設定」、システム内演算パラメータを設定する「定数設定」、MS監視測定機器調整時のデータ抑止及びダストサンプラー起動・停止を行う「調整中制御」や各種統計再計算等の命令機能を有する。

⑦ デフォルト設定

画面及び定時出力設定を行う。本端末各種画面における表示期間等のパラメータ及び日報等の帳票出力項目、出力時間等のパラメータの変更が可能である。

(5) 緊急通報装置

本装置はWindows PCで構成される。機能は収集サーバにて監視する項目（監視データや機器監視情報等）に異常が発生した場合、職員等に通知する「緊急通報機能」と、定周期に登録されたFAX番号へデータを送信する「定周期通報機能」がある。

① 緊急通報機能

本機能は異常時に「いつ、どこで、どのような（FAX通報においては線量率も付加）」異常が発生したかを、電話、電子メール、FAX及び中央監視室スピーカーへ通報するものである。通報先登録は最大50件まで可能であり、異常事象及び通報先により通報媒体の選択が可能である。

② 定周期通報機能

本機能は登録されたFAX番号に対して、定周期（正時に1回）に線量率及び気象データを送信する機能である。FAXフォーマットは、通常運用時用と訓練運用時の2種類を用意し、全角160文字の自由文の挿入が可能である。

2-2 地域管理システム

地域管理システムは主に緊急時に活用し、UNIXサーバ（CPU:SPARC64GP(クロック周波数400MHz)、メモリ:512MB、ハードディスク容量:36.4GB)、コンソール及び操作端末で構成される。

2-2-1 拡散線量予測計算

拡散線量予測計算は実時間大気拡散・被ばく評価数値計算コードである「EXPRESS」を用い、また、計算結果をGIS上に表示し、線量率等値線及び任意区域の住民数、避難施設等の検索を可能としている。

(1) モード・処理選択

メニューから選択することにより、以下のモードへ移行し各処理を行う。

① リアルタイム（排気筒モニタ拡散予測表示）モード

環境監視システムから得られる排気筒モニタの情報から拡散予測を行い、その結果をリアルタイムで地図上に表示する。

② リアルタイム（オンライン情報表示）モード

環境監視システムから得られる観測情報をリアルタイムで表示する。

③ マニュアルモード

拡散線量予測計算を行う際、想定する事故情報等を各々手動で入力し計算を行い、その結果を手動で表示する。また、前回行った計算結果を与えることにより、前回からの継続計算を行うことができる（リスタート計算）。なお、リアルタイムモード動作時に、本モードを実行した場合には、本モードはバックグラウンドで計算が実行される。

(2) 拡散予測計算情報入力

拡散予測計算を行うために必要な情報を入力する。画面から入力した放出率、気象情報は、ファイルへ保存することが可能であり、後で、その情報を利用することが可能である。

本機能により設定した情報は、設定を行う度に、「ケース」として保持される。この「ケース」情報は、地理情報表示機能等から呼び出し、可視化結果と合わせて、閲覧することが可能である。

マニュアルモードの場合、既存のケースを指定することにより、前回行われた計算からの継続計算を行うことが可能である（リスタート計算）。

(3) 予測計算処理

指定した計算条件に従い、拡散予測計算コードの実行/停止を制御する。

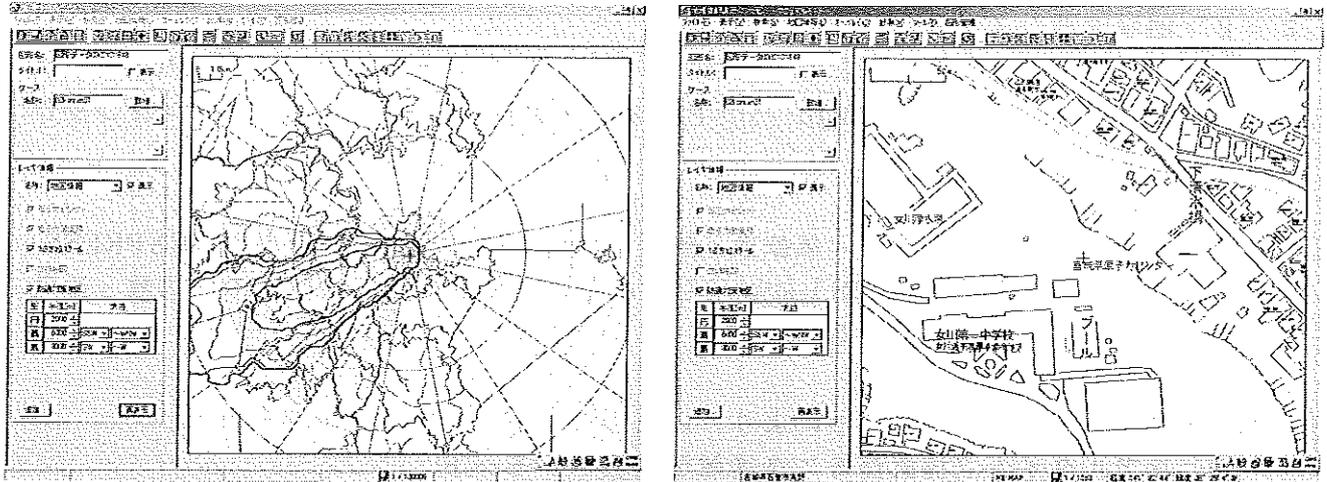
計算範囲は、牡鹿半島全域を水平方向に三重構造格子（1000、250、50m）に分割し、鉛直方向には上空1000mまで50m間隔で計算する。なお、計算結果については、ネステッド格子を採用し、計算範囲について発電所中心とした25×25kmの範囲を広域、10×10kmの範囲を狭域と区分し、広域は50×50メッシュ、狭域はさらに詳細な100×100メッシュに区切って計算し、両区域の計算結果を合成して表示できるように

した。

(4) 地理情報表示 (2次元)

MSにおける気象情報等の情報や拡散線量予測情報を2次元の地図上に表示する。

なお、GISを用い、地図は拡大率により女川原子力発電所を中心に10kmの地域を包含するものと、住宅地図を切替えて表示する。表示例を図8に示す。



(a) 等値線表示例

(b) 拡大表示 (住宅地図) 例

図8 2次元表示例

本機能は、以下のサブ機能より構成される。なお、リアルタイムモード選択時、以下の①～④及び⑨に関する処理は、自動で行われる。

① 図形データ作成

1 図面に表示するためのデータを作成する。

図形データは、地図情報レイヤ、観測情報レイヤ、拡散予測情報レイヤで構成され、それぞれのレイヤを重ね合せて図面に表示する。

② 地図情報レイヤ操作

以下の地形情報について、地図上への表示もしくは非表示を制御する。

- 1) 海岸線 (※)
- 2) 主要道路 (※)
- 3) 行政界 (※)
- 4) 河川 (※)
- 5) 鉄道 (※)
- 6) MS
- 7) 等高線、標高区分 (区分毎に色分け表示)
- 8) 発電所を中心とした16方位線および距離
- 9) 防護対策地区

(※) GISパッケージ(MapWorks)の地図レイヤ機能により操作する。

③ 観測情報レイヤ操作

以下の観測情報 (MS 収集データ) に関する地図上への表示・非表示を制御する。

- 1) 風向・風速 [ベクトル図]
- 2) 電離箱線量率 [棒グラフ]
- 3) NaI 線量率 [棒グラフ]

4) 降水量 [棒グラフ]

④ 拡散予測情報レイヤ操作

予測結果をベクトル図や等値線図を用い地図上に表示する。なお、表示された結果については任意に表示・非表示の制御が可能である。なお、表示情報は、以下のとおりである。

- 1) 風速場 (地上、指定標高) [ベクトル図、流跡線]
- 2) 地表大気中濃度 (希ガス、ヨウ素) [等濃度線図]
- 3) 地表蓄積量 (希ガス、ヨウ素) [等濃度線図]
- 4) 空気吸収線量率 (希ガス、ヨウ素、全部) [等線量率図]
- 5) 外部被曝線量 (希ガス、ヨウ素、全部) [等線量率図]
- 6) 甲状腺線量 (乳児) [等線量図]
- 7) 内部被曝線量 (幼児) [等線量図]

⑤ 流跡線表示

MSにて実測されたデータを基に、指定位置における風の流跡線を表示する。

⑥ 地域情報データベース検索・表示

地図上の任意に指定した範囲、EXPRESS 計算結果の等値線内及び地理的条件等から、地域情報データベース中の情報を検索して表示する。

⑦ アニメーション

リアルタイムモードにおいて、過去に描画された図形データを連続表示する (最大6個)。

マニュアルモードでは、過去に描画した任意の図形データを指定し連続表示する。

⑧ 拡大・縮小・移動

地図の任意の部分拡大・縮小表示する。

⑨ 6画面図表示

1画面内に6つの地図を同時に表示する。リアルタイムモードでは、自動的に時系列に並べて表示し、マニュアルモードでは、過去に描画した任意の図形データから選択して表示する。

⑩ 図形データファイル入出力

複数の図形データのファイルへの保存、読み込みを行う。

(5) 地理情報表示 (3次元)

MSにおける気象情報等の情報や拡散線量予測情報を3次元の地図上に表示する。

地図は、女川原子力発電所を中心に10kmの地域を包含する。表示例を図9に示す。

本機能は、以下のサブ機能より構成される。

① 図形データ作成

(4) ①と同様。

② 観測情報レイヤ操作

(4) ③と同様。

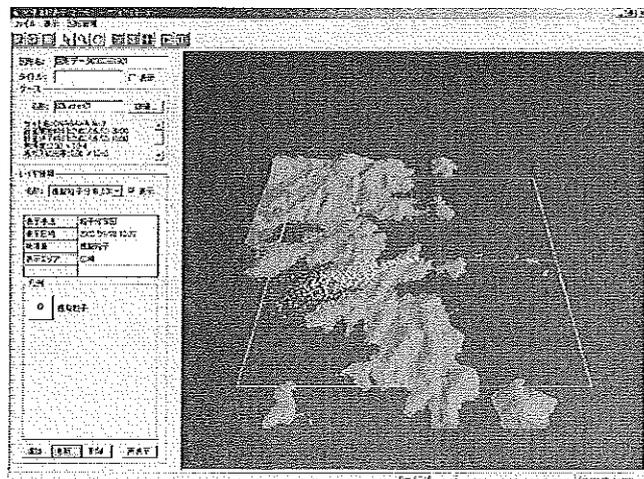


図9 3次元表示例 (模擬粒子分布図)

③ 拡散予測情報レイヤ操作

予測結果を基に、ベクトル図、等値線図および等値面図を地図上に表示する。なお、表示された結果については、任意に表示・非表示の制御が可能である。表示情報は以下のとおりである。

- 1) 風速場（地上、指定標高）〔ベクトル図〕
- 2) 模擬粒子〔模擬粒子分布図(*1)〕
- 3) 地表大気中濃度（地上、指定標高）〔等濃度線、等濃度面図〕
- 4) 地表蓄積量（地上）〔等濃度線図〕
- 5) 空気吸収線量率（地上）〔等線量率図〕
- 6) 外部被曝線量（地上）〔等線量率図〕
- 7) 甲状腺線量（乳児）（地上）〔等線量図〕
- 8) 内部被曝線量（幼児）（地上）〔等線量図〕

(*1) 粒子数は、2000 個程度とする。

(*2) 3, 4, 5, 6, 7, 8 については、最大値の位置および値も表示可能とする。

④ アニメーション

過去に描画した任意の図形データを指定し、連続表示する。

⑤ 視点移動

視点を任意の位置に設定する。

⑥ 6 図面図表示

(4) ⑨と同様。

⑦ 図形データファイル入出力

(4) ⑩と同様。

2-2-2 被ばく線量予測システム

本システムはEXPRESSの計算結果を基に、モニタリング要員を派遣する際の要員の積算被ばく線量を計算し、結果表示を行うシミュレータである。

(1) パラメータ入力

① 測定地点（ルート）設定

測定地点を選択(最大 50 地点)し、ルートを設定する。

② 計算条件の設定

出発時刻、車の時速・台数、被ばく種別、測定時間、EXPRESS 計算結果のケース名を設定する。

③ 監視区域設定

指定した出発日時における、指定した値の等値線内を監視区域として設定し、地図上に等値線の表示が行われる。図 10 にパラメータ入力画面を示す。

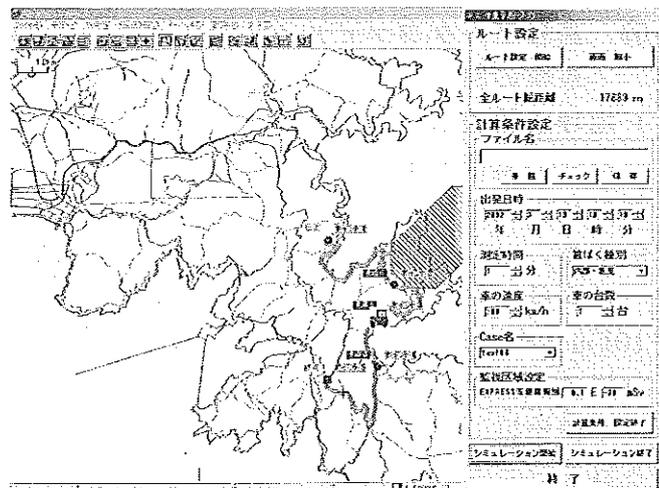


図 10 パラメータ入力画面

(2) 計算

実効線量の計算には、メッシュ単位に濃度が計算された広域の EXPRESS 計算結果

ファイルを使用する。また、実効線量は測定地点間の単位で計算する。

① EXPRESS 計算結果ファイルの読み込み

パラメータ入力された出発日時、測定時間、車の速度及びルート上の移動距離よりルート上の通過時間を計算し、読み込む EXPRESS 計算結果ファイルを決定する。

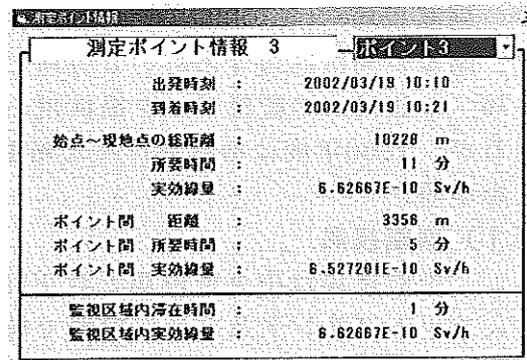
② 実効線量の計算

パラメータ入力された車の速度と計算したメッシュ間移動距離より、メッシュ内滞在時間を計算する。また、メッシュ境界と測定ポイント間滞在時間も同様に計算する。

EXPRESS 計算結果ファイルに格納されている濃度情報の時刻と通過時刻を考慮し、メッシュ内滞在時間によりメッシュ単位で実効線量を計算し測定地点間の実効線量を求める。最後に全ての測定地点間実効線量を積分し、全実効線量を求める。

(3) 結果表示

地図上の移動経路が太線で示され、その上を車のイラストがアニメーション表示で移動し、計算結果が表示される。結果項目は測定ポイント毎に表示され、始点から現地点まで及びポイント間の距離、所要時間、実効線量である。また、指定した監視区域内の滞在時間及び実効線量も併せて表示される。結果表示画面を図11に示す。



測定ポイント情報 3	
出発時刻	2002/03/19 10:10
到着時刻	2002/03/19 10:21
始点～現地点の経距離	10228 m
所要時間	11 分
実効線量	6.62667E-10 Sv/h
ポイント間 距離	3358 m
ポイント間 所要時間	5 分
ポイント間 実効線量	6.527201E-10 Sv/h
監視区域内滞在時間	1 分
監視区域内実効線量	6.62667E-10 Sv/h

図 11 結果表示画面

2-3 情報公開系

情報公開系は、原子力センター1階ホール大型データ表示盤、インターネット公開に関わるシステムと、広報システム・発電所内データ表示用42インチデータ表示盤の3つからなる。

(1) 大型データ表示盤

原子力センター1階ホールに設置され、中央部には50インチDLP方式ディスプレイを4面組み合わせた100インチデータ表示盤、左端には最新のMS監視データ(電離箱線量率、風向・風速及び降水量)を、右端には放水口モニター計数率及び海水温度表示用のLED電光表示盤を配置し、制御用としてPC、音声案内用としてオーディオアンプ及びスピーカを設置している。

また、来館者用に手元タッチパネル表示盤を設置しており、地図表示及び時系列表示された監視データ、モニタリング地点解説及び用語解説を閲覧し、また、音声解説を聞くことが可能である。なお省エネルギー対策として、来館者の操作が一定時間無い場合には自動的に100インチデータ表示盤の電源を切断する機能を施している。外観を図12に示す。



図 12 大型データ表示盤

(2) インターネット公開

本システムはインターネットサーバ及び編集装置にて構成され、監視データをWeb公開するものである。(詳細は前報⁶⁾を参照)

(3) 広報システム・発電所内データ表示用42インチデータ表示盤

広報システムは1997年度に整備され、原子力センター2階広報展示室に設置したタッチパネル画面端末により、来館者が監視データや各種測定等の業務紹介を自由に閲覧することを可能としたものである。

発電所内データ表示用42インチデータ表示盤は1998年度に整備され、原子力センター1階ホールに設置されている。広報システムにより、発電所内データ(モニタリングポスト、排気筒モニタデータ等)に関する画像データが供給され、42インチ・プラズマディスプレイに一定周期で切替表示を行っている。

3 副監視局

副監視局は周辺4市町の6カ所に設置され、周辺市町の自治体職員操作の「副監視局」と住民への監視データ提供用の「副監視盤」で構成される。一部機能を拡張しているが、2000年度に増設を行った新型副監視局とほぼ同様の機能である。(詳細は前報⁷⁾を参照)

(1) 副監視局

副監視局は中央監視局と専用回線(DA64)にて接続された端末、カラーインクジェットプリンタ及び通信機器で構成される。端末はWindows PCで、機能はインターネット公開画面の閲覧を行うことができ、監視データの確認が可能である。

(2) 副監視盤

副監視盤は中央監視局と専用回線(DA64)にて接続された端末、42インチ・プラズマディスプレイ、無停電電源装置及び通信機器で構成される。外観を図13に示す。

① システムの起動・終了

機器は自動で時刻制御され、稼働時間帯は執務時間内(祝祭日を除く、朝から夕方まで)としている。

② 画面表示

表示画面は地図やグラフ等を用いて、監視データをわかりやすく図形化したものを42インチ・プラズマディスプレイに一定周期で切替表示を行っている。

③ 画面選択

2000年度に増設を行った新型副監視局の機能を拡張している部分である。盤筐体部分に10個の押ボタンを搭載し、②に記載した画面を地域住民が自由に選択表示することが可能である。

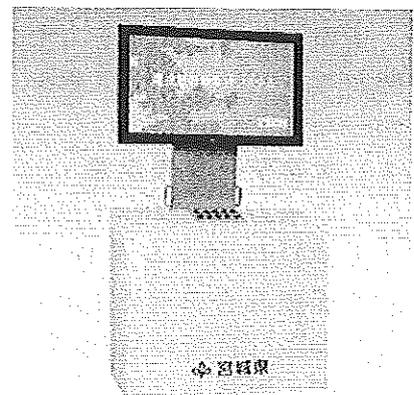


図13 副監視盤

4 県庁局

県庁局は宮城県庁(仙台市青葉区)の原子力安全対策室に設置され、中央監視局と専用回線(DA64)にて接続された端末、モノクロレーザプリンタ及び通信機器で構成される。端末はWindows PCで、誤操作によるシステムパラメータの変更を防ぐため、中央監視局操作端末機能のデータ閲覧のみと機能限定している。

IV まとめ

新システムは前システムの特色を継承しつつ、データ等の状態把握を高め、新機能を付加したことにより緊急時の状況判断等に有用な情報が得られるシステムとなった。また地域住民に対しては、わかりやすいデータ配信を可能とした。

新システムの処理速度及び能力は、昨今の著しい技術の進展及び高速通信回線への切替により、前システムと比較にならないほどに向上し、更にはリレーショナルデータベースの採用により、多彩な過去データ解析を可能とした。

謝 辞

本システムの更新にあたり、レスポンスマトリクス法に関する分解能対応型簡易補正法については、独立行政法人産業技術総合研究所中部センターの湊進博士、拡散線量予測計算の高度化については、日本原子力研究所環境科学研究科の茅野政道博士より貴重な御助言、御指導をいただきました。心より感謝申し上げます。また、約3ヶ月間、女川にて昼夜問わずシステム更新作業に当たってくれたシステムエンジニアの方々ならびにシステム更新作業に関わった皆様に感謝致します。

「宮城県環境放射線監視システム更新業務」は、富士通株式会社が受託して行ったものである。

参考文献

- 1) 菊池秀夫, 宮城県原子力センター年報, 第1巻, 1-7(1982).
- 2) 加茂泰彦 他, 宮城県原子力センター年報, 第9巻, 34-66(1990).
- 3) 原子力安全委員会, 環境放射線モニタリングに関する指針, 22-23, 2001年.
- 4) 湊進, 名古屋工業技術試験所報告, 27, 384-397(1978).
- 5) 湊進, 名古屋工業技術試験所報告, 43, 317-334(1994).
- 6) 木立博 他, 宮城県原子力センター年報, 第18巻, 21-25(2000).
- 7) 今野達矢 他, 宮城県原子力センター年報, 第18巻, 26-30(2000).

環境モニタリング情報データベースについて

木立博 今野達矢 加賀谷秀樹*

牡鹿半島に設定した全モニタリング地点情報を正確に把握するために、各地点の地理情報及び測定データを登録し閲覧することができる環境モニタリング情報データベースを構築した。このシステムの効果的な運用により、モニタリング要員が迅速かつ効率的に地点確認できることを可能とした。

I はじめに

当センターは女川原子力発電所からの影響を監視するために、周辺地域の環境放射線(能)の測定を行っている。この測定は20年以上の長期間に渡って継続しており、平常時の測定地点は80地点以上あり、これに加え、緊急時に備えてあらかじめ設定している移動サーベイ地点は30地点以上となっている。今後、継続して客観的かつ正確な測定を行うためには、これら測定地点を正確に把握しておく必要がある。このために測定地点の正確な位置の決定(緯度経度、測定地点付近見取り図、測定地点カラー写真)と、過去の測定データ集計を行い、これらをパソコンで閲覧する「環境モニタリング情報データベース」システムを構築した。

II システムの概要

1 システムの概要

本システムは全モニタリング地点の概要を把握するために、各地点の地理情報と測定データを登録し、パソコン画面で閲覧するシステムである。このシステムを構築するために以下の2点を考慮した。

(1) 地図情報システムの導入

本システムでは測定地点の正確な位置決めのために地図情報システム(GIS)を導入し、緯度経度や周辺地図等を登録した。

(2) データベースの活用

各測定地点の各年度の測定データを登録し、過去最大値、最小値等を集計することにより、各地点ごとの過去データの一覧表示、測定方法ごとのデータ一覧表示を可能とした。

2 システムの構成

本システムは環境放射線監視テレメータシステムの一部である地域管理システム端末装置に構築した。ソフトウェアの構成は以下のとおりである。

*現在、宮城県環境生活部資源循環推進課

(1) ハードウェア

- ①機種 富士通(株)製 FMV-611GSL7e
- ②CPU クロック周波数 1.13GHz

(2) ソフトウェア

- ① OS Microsoft Windows 2000
- ②データベースソフト ORACLE Programmer R8.1.7
- ③開発ソフト Microsoft Visual Studio V6.0
Microsoft Office 2000 Professional
SPREAD 3.0J (文化オリエント(株))
Excel クリエーター (アドバンス技研)
Si Object Browser Ver.7 (株)システムインテグレーター)
- ④地図ソフト・データ Mapworks (株)ソフトプラネット)

3 入力情報

本システムに入力し、管理する情報は以下のとおり。

(1) 環境モニタリング地点地理情報

- ①モニタリング地点名、地点番号
- ②モニタリング地点の緯度経度
- ③女川原子力発電所からの方位、距離
- ④モニタリング地点の2方向からのカラー写真
- ⑤モニタリング地点周辺地図 (縮尺 25,000 分の 1、2,500 分の 1)

(2) モニタリング地点の測定項目及び測定データ

各測定地点は表1のようにモニタリング地点の属性に分類し、各地点における測定項目を選択して測定データ入力を行う。平常時ポイントは更に MS (モニタリングステーション) 連続測定、移動サーベイ、TLD に属性を分類する。入力データは、MS 等のように複数の測定項目が設定されている地点では、対応する項目のデータを入力できるようにした。

表1 モニタリング地点の分類及び入力データ

モニタリング地点属性	測定方法	測定項目	入力データ
平常時ポイント	MS 連続測定	電離箱線量率、NaI 線量率、 積算線量、ダスト・ヨウ素 測定値から任意に選択	MS 線量率は年度の最大値、最小値。 その他は四半期測定値
	移動サーベイ		
	TLD		
可搬型ポイント			任意の測定月日の測定値
緊急時ポイント			
環境試料		任意の環境試料測定データ	

(注) 可搬型ポイント；可搬型モニタリングポストによる任意の測定地点
緊急時ポイント；緊急時における主に移動サーベイによる測定地点

4 システムの機能

本システムはモニタリング地点を地図表示する画面、各地点の詳細情報を表示する画面、測定方法ごとのモニタリング地点と測定データを一覧表示する画面、モニタリング

マニュアルを表示する画面で構成され、画面相互のリンクを設定し、閲覧しやすい構成とした（図1参照）。

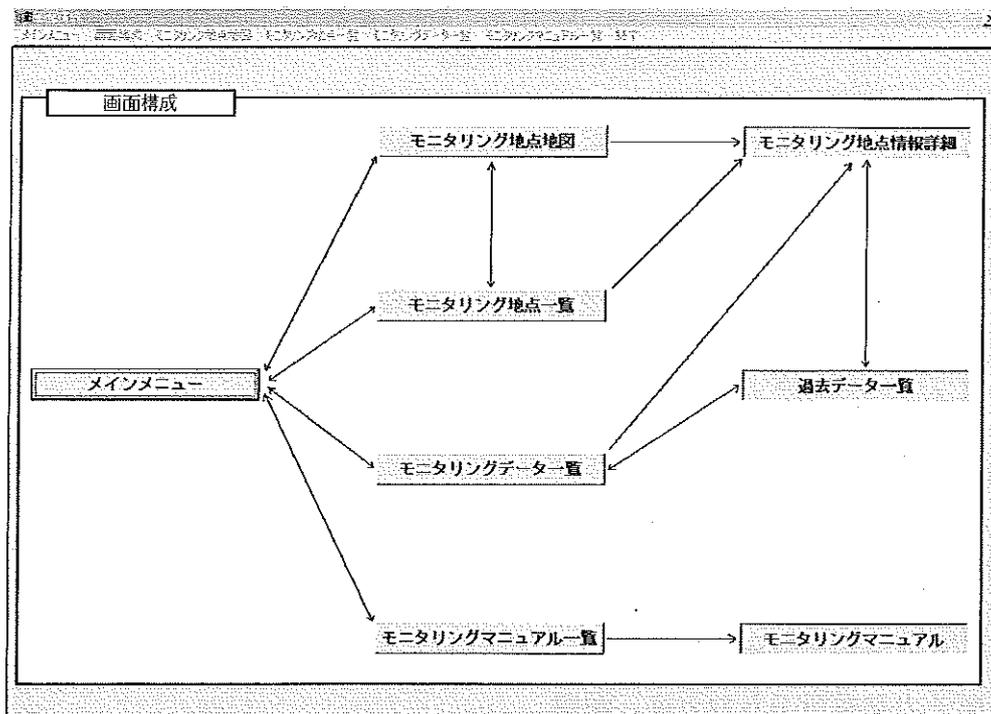


図1 画面構成

(1) モニタリング地点の地図表示

GISソフトの導入により、モニタリング地点を牡鹿半島の地図上に表示する。この地図画面は、縮尺により地図を切り替えることが可能であるため、牡鹿半島における位置関係をおおまかに見る画面から、2,500分の1まで拡大した地図画面の表示も可能である（図2参照）。この画面でモニタリング地点を選択し、各地点の地理情報や測定データを表示する測定地点詳細画面へ遷移できる。

(2) モニタリング地点情報の表示

モニタリング地点詳細情報画面は、地理情報表示画面と測定データ表示画面から構成される。地理情報を表示する画面では、地点名称、地点番号、女川原子力発電所からの方位・距離、緯度経度、周辺地図（2,500分の1地図、25,000分の1地図の2枚）、2方向からの地点カラー写真を表示する（図3参照）。測定データを表示する画面では前年度の各測定項目のデータを表示し（図4参照）、更に各年度の測定データ、最大値最小値を表示する過去データを表示する画面へ遷移することができる。

(3) モニタリング地点一覧表示

測定方法ごとにモニタリング地点を一覧表示する。この一覧表から測定地点詳細画面及びモニタリング地点の地図表示画面に遷移できる。モニタリング地点の地図表示画面への繊維は選択した地点が画面中央となるように表示される。

(5) モニタリング地点登録・修正・削除

環境モニタリング計画の変更に柔軟に対応できるように、モニタリング地点を任意に登録削除可能である。また、測定地点周囲の状況の変化に応じて、測定地点のカ

ラー写真や周辺見取り図の交換等登録内容の変更や、測定データの追加・変更が可能である。

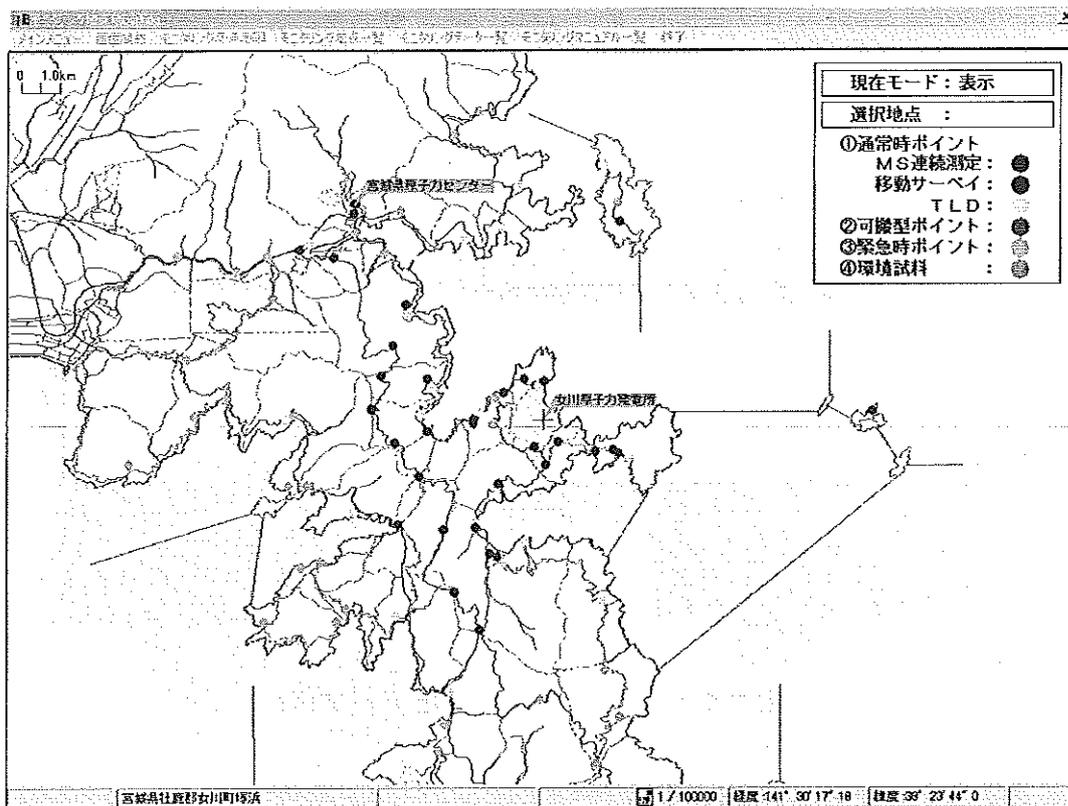


図2 モニタリング地点地図表示画面

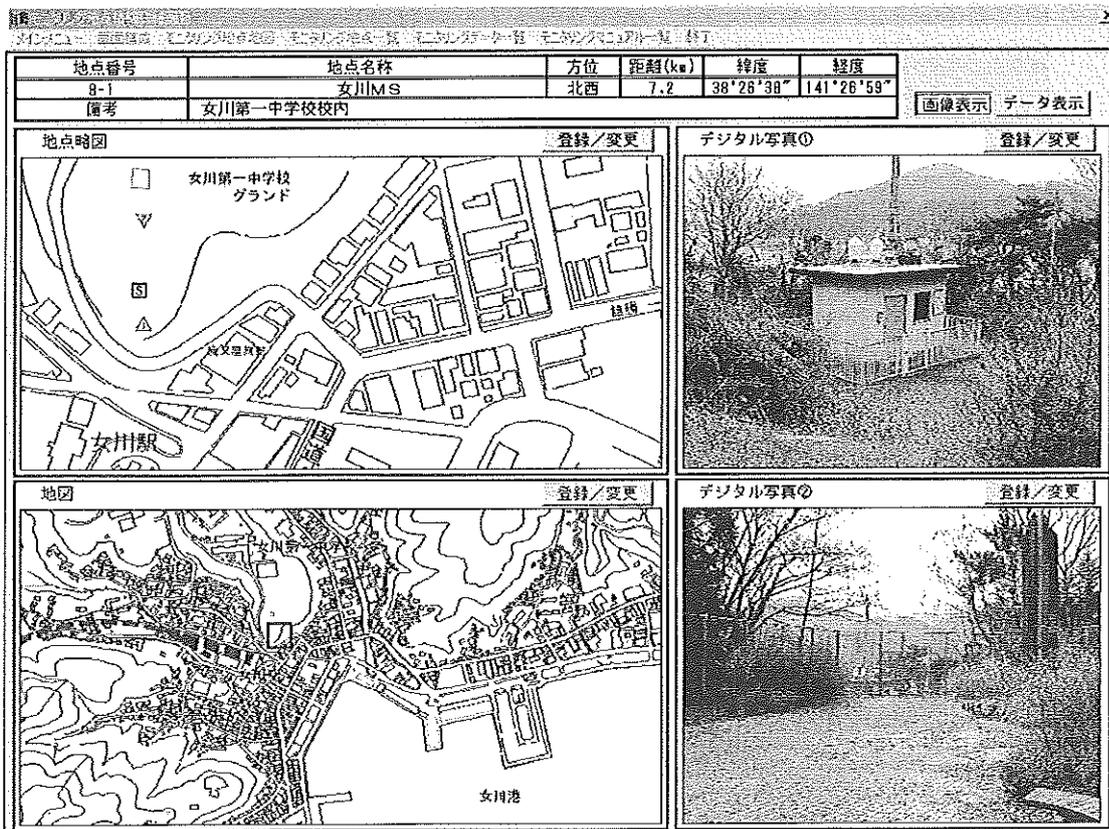


図3 モニタリング地点詳細情報画面

地点番号	地点名称	方位	距離(km)	緯度	経度
B-1	女川MS	北西	7.2	38°26'30"	141°28'59"
備考	女川第一中学校校内				

画像表示 | データ表示

前年度(2001)の測定データ

測定方法	測定項目	単位	最大	最小	平均	過去データ表示
MS連続測定	電線絡線率	nGy/h	93.5	57.5	62.5	
	N a I 線量率	nGy/h	28.7	9.8	11.5	

測定方法	測定項目	単位	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	過去データ表示
MS連続測定	積算線量	mGy/30日	0.11	0.11	0.12	0.12	

測定方法	測定項目	単位	前年度の測定値	過去データ表示
MS連続測定	ダスト・ヨウ素	Bq/m ³	~	

図4 モニタリング地点詳細情報データ画面

(4) モニタリングデータ一覧表示

測定方法ごとに、該当する地点の測定データを一覧表示することができる(図5参照)。この画面からモニタリング地点詳細情報画面及び過去データ表示画面へ遷移することができる。

測定方法: 測定項目:

地点番号	地点名称	過去最大値	過去最大値測定日	過去最小値	過去最小値測定日	平均値	過去データ表示
A-0	原子力センター	41.1	1997年度第1四半期	36.0	1999年度第4四半期	38.1	
B-11(2)	なつはまベンション前	29.8	1999年度第1四半期	25.7	1999年度第2四半期	28.1	
B-13	付替浜(9)東北電力PRセンター前	31.4	1997年度第1四半期	27.1	1999年度第2四半期	29.1	
B-14	付替浜(4)	35.1	1997年度第2四半期	31.5	1999年度第2四半期	33.2	
B-15	社農ゲート	32.0	1997年度第2四半期	29.5	1999年度第2四半期	30.8	
B-17(3)	青森小中学校前	41.8	1999年度第2四半期	38.8	1999年度第2四半期	38.9	
B-18(5)	経通漁協前	28.4	1997年度第2四半期	25.7	1999年度第2四半期	27.1	
B-19(2)	大谷川ポンプ小屋付近	33.4	1999年度第4四半期	28.9	1999年度第2四半期	31.4	
B-23(3)	栽培漁業センター棟内	33.6	1997年度第2四半期	29.6	1999年度第2四半期	31.9	
B-4(2)	高白	28.2	1997年度第2四半期	24.5	1999年度第2四半期	27.0	
B-5(2)	焼湯バス停前	31.3	1997年度第1四半期	28.8	1999年度第2四半期	29.2	
B-7(2)	野々浜西中・六小前	37.4	1997年度第2四半期	31.8	1999年度第4四半期	34.7	
B-8(3)	野々浜バス停前	28.1	1997年度第2四半期	24.6	1999年度第2四半期	26.4	
B-9(3)	小風取車庫	32.4	1997年度第2四半期	27.7	1999年度第2四半期	30.1	
C-1	コバルトライン入口	31.5	1997年度第2四半期	28.4	1997年度第4四半期	29.7	
C-10(2)	コバルトライン大原インター	41.3	1997年度第2四半期	34.4	1999年度第1四半期	37.6	
C-2	コバルトライン料金所	29.8	1999年度第3四半期	26.4	2000年度第4四半期	28.5	
C-3	大六天駐車庫	29.7	1997年度第3四半期	22.1	1997年度第4四半期	27.5	
C-4	コバルトライン秋浜西	36.3	1997年度第1四半期	27.5	2000年度第4四半期	33.7	
C-5	コバルトライン大石原西	39.0	1997年度第2四半期	32.3	2000年度第4四半期	35.2	
C-6	コバルトライン野々浜西	52.5	1997年度第2四半期	42.9	2000年度第4四半期	47.2	
C-7	コバルトライン野々浜インター	47.8	1997年度第2四半期	42.7	1999年度第2四半期	44.8	
C-8	コバルトライン小原展望所	35.3	1997年度第2四半期	29.8	2000年度第4四半期	31.7	
C-9	コバルトライン大谷川村道	35.4	1997年度第1四半期	30.4	1999年度第2四半期	33.1	

図5 モニタリングデータ一覧表画面

(6) モニタリングマニュアルの表示

各モニタリング方法に対応する作業マニュアルを閲覧する画面である(図6参照)。マニュアルの追加・変更を可能とする。

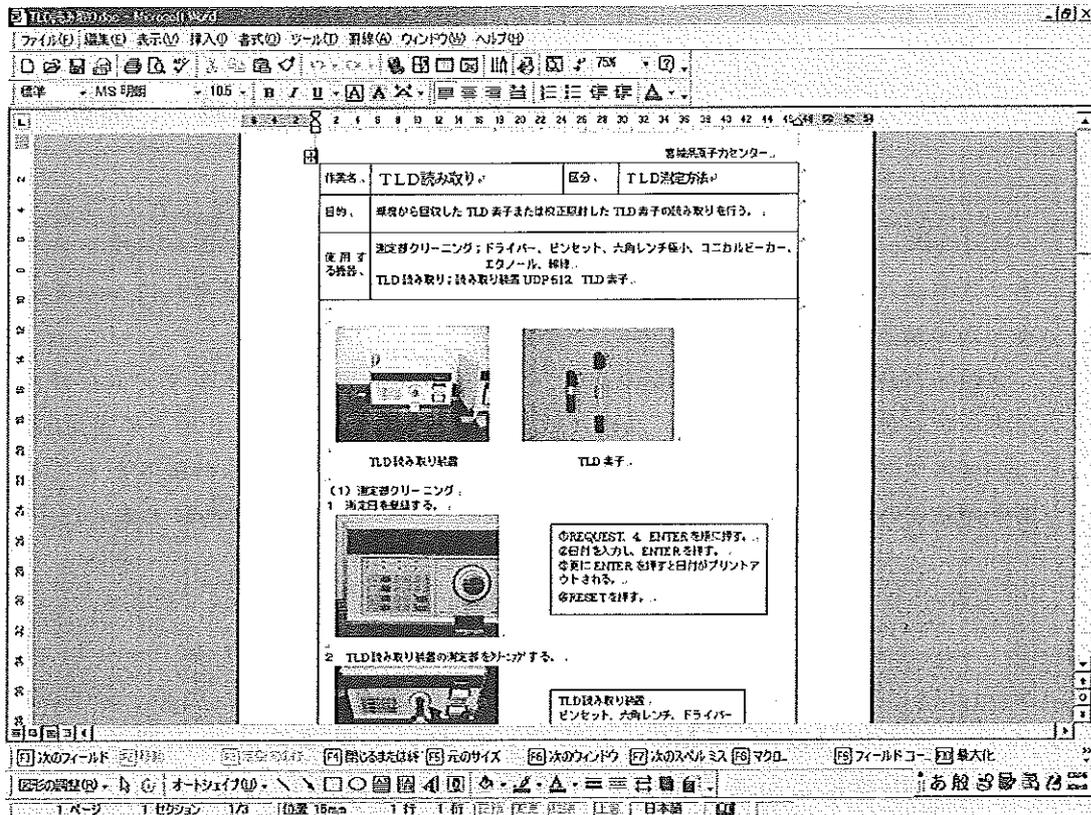


図6 モニタリングマニュアル表示画面

III おわりに

牡鹿半島は地形が極めて複雑であり、また、設定されているモニタリング地点はその数が多いため、測定地点の変更、時間の経過による測定地点周囲の状況変化及び担当職員の転勤等によって、全モニタリング地点の正確な把握を維持することは困難である。今回構築した環境モニタリング情報データベースはモニタリング地点の現状把握と変更に対して非常に有効である。また、本システムにより緊急時におけるモニタリング地点の選定、他機関からの派遣モニタリング要員による地点確認を迅速かつ効率的に行うことが可能となった。

なお、本システムは平成13年度環境放射能基本情報管理業務により構築した。

レスポンスマトリクス法を活用した 人工放射線寄与線量率の測定に関する検討

今野達矢、木立博、石川陽一、加賀谷秀樹*

NaI(Tl)シンチレーション式検出器によるガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス法で処理して得られる人工放射線寄与線量率(剰余線量率)について、幾つかの検討を行った。

密封小線源を用いた照射実験の結果、その線量率依存性、エネルギー依存性及び方向依存性については、ほぼ問題ないことがわかった。また、6地点の全MSについて人工放射線の影響のない比較的長期間のデータを総合的に解析したところ、若干ではあるが剰余線量率に段差等が見られたものの、安定性は良好であった。

I はじめに

当センターでは、女川原子力発電所周辺環境放射線を監視するため、1981年からモニタリングステーション(以下、「MS」と略す)において電離箱式検出器及びNaI(Tl)シンチレーション式検出器によって空間ガンマ線線量率を連続測定している。

NaI(Tl)検出器による線量率については、環境放射線モニタリングに関する指針¹⁾に基づいた「平常の変動幅(平均値+3×標準偏差)」による値のチェック及び評価を行っている。当センターではそれらに加えて、空間ガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス法²⁾で処理して得られる人工放射線寄与分線量率の弁別評価や光電ピークの監視等の定性的評価を行い、線量率変動の原因調査に活用している。

佐藤らが前報で報告したように、剰余線量率によって、旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故の影響³⁾や住民集団検診におけるレントゲン車からの医療X線検出⁴⁾等の人工放射線による線量率上昇を捉えたことがあり、環境放射線監視に大変有用であることが確認されている。しかし、指標線量率を定量的に用いるためには、更に特性について検討する必要がある。

本報告では、剰余線量率に関する線量率依存性、方向依存性、エネルギー依存性を把握する指示精度確認実験及び長期データ解析について、2001年度に実施した結果を述べる。

II 原理・方法

1 剰余線量率の算出原理

剰余線量率とは、全線量率から自然ガンマ線起因のバックグラウンド(BG)線量率を減ずることによって弁別した、人工放射線寄与分線量率である。人工放射線の影響が無い場合の空間ガンマ線は天然放射性物質であるU系列核種、Th系列核種及び⁴⁰Kからの

* 現在、環境生活部資源循環推進課

ガンマ線によって構成されているので、(1)式によってバックグラウンド線量率の推定を行うことができる。⁵⁾

$$\text{推定BG線量率 (B.G.)} = \beta_1 U + \beta_2 Th + \beta_3 K + \beta_4 \quad (\text{nGy/h}) \quad (1)$$

$\beta_1 \sim \beta_4$: 偏回帰係数、U,Th,K : U系列,Th系列,⁴⁰Kからの寄与線量率

U系列,Th系列,⁴⁰Kからの寄与線量率はレスポンスマトリクス法により算出し、偏回帰係数は1日に1回、過去27日間の線量率、およびU系列、Th系列、⁴⁰Kの寄与による各線量率を用いた重回帰計算によって求められる。

剰余線量率は、全線量率からバックグラウンド線量率を差し引き、(2)式によって表される。

$$D = D_{RM} - B.G. \quad (\text{nGy/h}) \quad (2)$$

D_{RM} : レスポンスマトリクス法による全線量率 (RM線量率)

図1に剰余線量率算出の流れ図を示す。

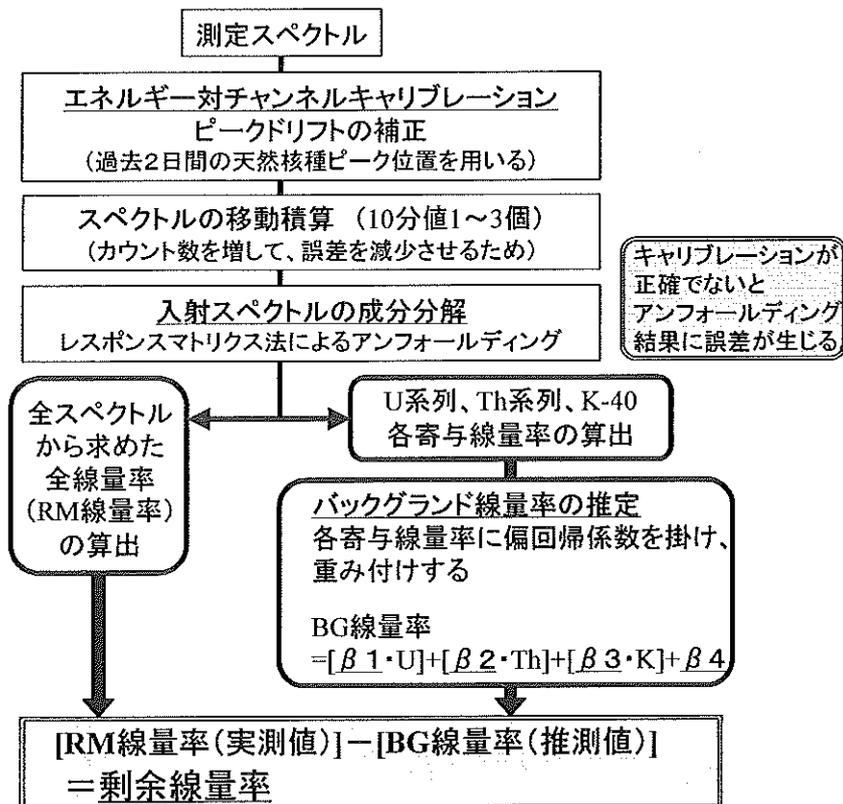


図1 剰余線量率算出流れ図

2 実験・解析方法

(1) 精度確認実験

剰余線量率の精度を確認するため、密封小線源による人工放射線照射実験を行った。実験は小屋取MS (牡鹿郡女川町) に設置したNaI(Tl)シンチレーション式検出器 (Aloka社製: 3"φ×3"円筒形、下方2π鉛遮蔽付) によって行い、測定したガンマ線線量率とスペクトルをテレメータ装置によって10分毎にデータを収集した。降水の有

無の確認は、小屋取MSに設置した感雨雪計（小笠原計器：NS-100型）及び雨雪量計（小笠原計器：RS-222型、最小降水感度0.5mm）によって行った。

① 線量率依存性の確認

Cs-137(3.7MBq：約230nGy/h at 1m、37kBq：約1～3nGy/h at 1m)の密封小線源を用い、低線量率から高線量率まで照射値を変化させた。

線源は鉛直方向に設置し、照射する線量率は線源の変更または個数の増減及び照射距離の調整により行った。測定回数は照射する線量率によって変更し、1～4回とした。

実験は空間ガンマ線線量率の安定している非降水時及び空間ガンマ線線量率に変動がみられる降水時に実施し、実験日は非降水時の2001年11月19、22日及び降水時の2001年12月6日とした。

② エネルギー依存性の確認

Am-241(3.5MBq：約10nGy/h at 1m、 $E_{\gamma}=0.0595\text{MeV}$ 、他)、Cs-137(3.7MBq：約230nGy/h at 1m、 $E_{\gamma}=0.662\text{MeV}$)、及びCo-60(3.7MBq：約330nGy/h at 1m、 $E_{\gamma}=1.17$ 及び 1.33MeV)の密封小線源を用い、0.0595～1.33MeVのエネルギー領域で照射を行った。

線源は鉛直方向1mの位置に設置し、線量率の低いAm-241については3回測定とし、他の線源については1回測定とした。

実験日は非降水時を選定し、2001年11月20日とした。

③ 方向依存性の確認

Cs-137(3.7MBq：約230nGy/h at 1m)の線源を鉛直方向(0°)から水平以下の角度(120°)まで 15° 刻みで変化させた。線源は1mの位置に設置し、測定回数は各々1回とした。

実験日は非降水時を選定し、2001年11月20日とした。

(2) 長期データ解析

自然ガンマ線についての剰余線量率の変動傾向も把握するため、過去データの頻度分布等の統計解析及び変動要因解析を行った。

調査期間は1999年4月1日～2001年3月31日(2年間)とし、調査対象は6カ所のMSとした。

III 結果及び考察

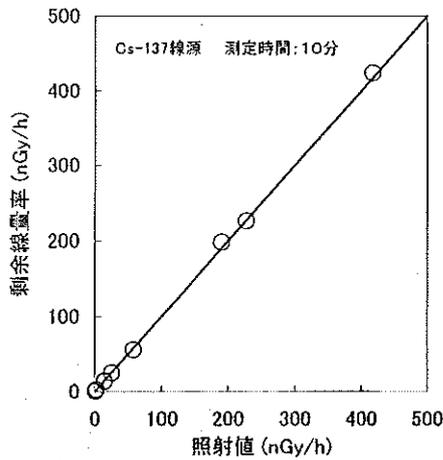
1 剰余線量率の精度確認実験

(1) 線量率依存性

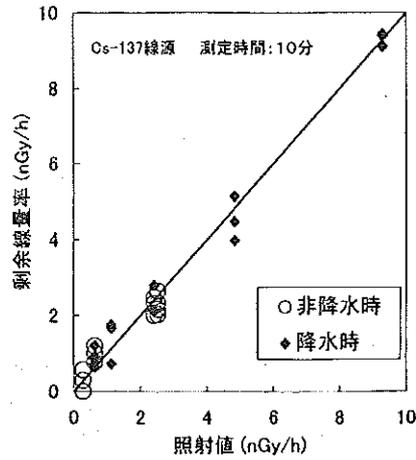
実験結果を図2に示す。

低線量域においては指示値のバラツキがやや大きかったものの、およそ1～2nGy/h以上では良好な直線性を示した。

本実験においては実験時間の制約上、剰余線量率計算に用いるスペクトルの移動平均数を1とした。なお、通常運用時には移動平均数3で処理を行うことにより低線量域での指示値のバラツキを押さえられる。



(a) 高線量率領域



(b) 低線量率領域

図2 剩余線量率の線量率依存性

(2) エネルギー依存性

実験結果を図3に示す。

Cs-137及びCo-60において照射値と剩余線量率はほぼ一致し、照射値に対する測定値の応答割合は良好であった。

Am-241の応答割合は約73%と低い結果であったが、この原因は検出器ハウジング等によるガンマ線の吸収及びディスクリミネーターによる50keV以下のガンマ線カットによる計数率の低下と考えられる。原子力災害時においては低エネルギーガンマ線放出核種のみが放出される可能性は低く、他のエネルギー領域のガンマ線放出核種も環境に放出されると考えられるので、実用上は支障がないと考えられる。

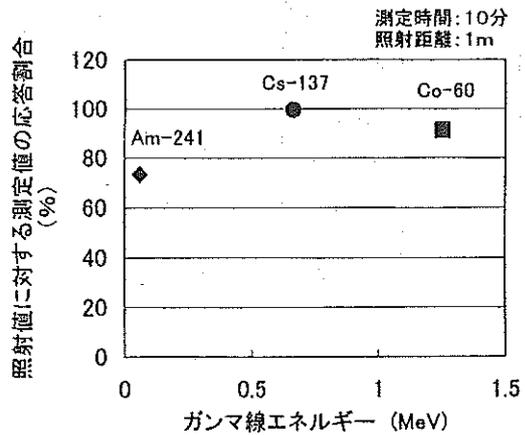


図3 剩余線量率のエネルギー依存性

(3) 方向依存性の確認

実験結果を図4に示す。

鉛直方向(0°)からの照射において、剩余線量率は照射値に対してほぼ100%の応答をした。以降、照射角15°刻みで120°まで照射したところ、徐々に過大応答する傾向を示したが、総じて良好な結果であった。

過大応答の原因は、局舎屋根面からの散乱線によるビルドアップのためと考えられる。照射角90°以上で応答が急激に低くなっているのは、鉛しゃへいの影響であると考えられたが、指標線量率の目的は検出器上方を通過する放射性雲の検出であるので、実用上はあまり問題とはならないと考えられる。

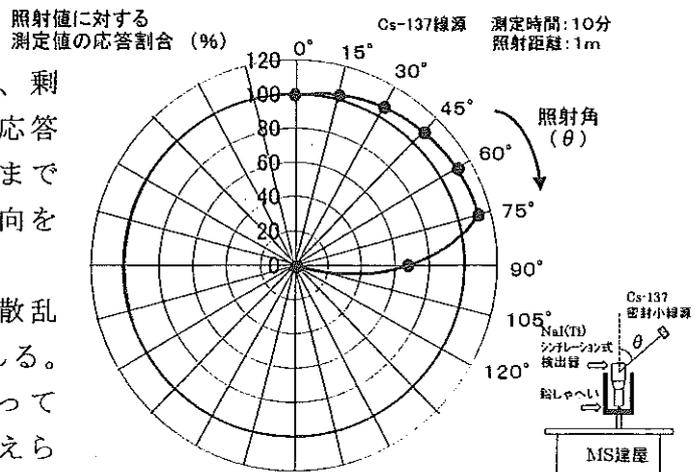


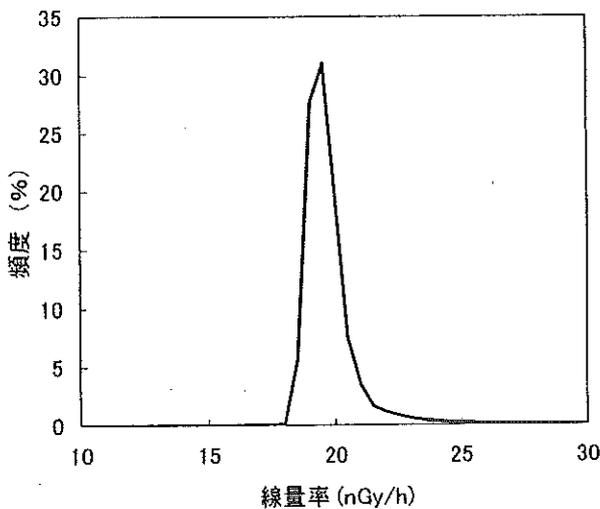
図4 剩余線量率の方向依存性

2 長期データ解析

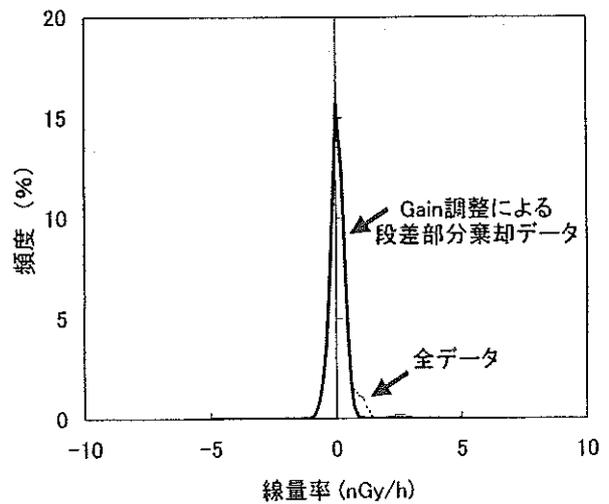
1999年度及び2000年度の剰余線量率の統計値を表1に示す。また例として、飯子浜MSにおける2000年度の空間ガンマ線線量率(G(E)関数法による)と剰余線量率の頻度分布を図5に、1999年度及び2000年度の時系列グラフを図6に示す。

表1 剰余線量率の統計値

局名	項目	平成11年度				平成12年度			
		全データ	Gain調整による段差部分棄却			全データ	Gain調整による段差部分棄却		
			全データ	晴天時	降水時		全データ	晴天時	降水時
女川局	平均値	-0.01	-0.01	0.00	-0.05	0.02	0.02	0.02	-0.02
	最大値	1.13	1.13	0.83	1.13	1.19	1.19	0.94	1.19
	最小値	-0.88	-0.88	-0.70	-0.88	-0.93	-0.93	-0.93	-0.88
	標準偏差	0.17	0.17	0.16	0.20	0.19	0.19	0.18	0.23
飯子浜局	平均値	0.01	0.00	0.01	-0.05	0.09	-0.02	0.00	-0.07
	最大値	2.39	2.39	1.67	2.39	5.12	1.18	1.00	1.18
	最小値	-2.63	-2.63	-1.57	-2.63	-1.35	-1.35	-1.27	-1.35
	標準偏差	0.36	0.36	0.35	0.39	0.47	0.29	0.27	0.33
小屋取局	平均値	-0.03	-0.04	-0.03	-0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
	最大値	2.16	2.16	1.40	2.16	2.97	2.97	1.42	2.97
	最小値	-1.73	-1.73	-1.56	-1.73	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25
	標準偏差	0.37	0.37	0.36	0.40	0.34	0.34	0.33	0.39
寄磯局	平均値	-0.01	-0.01	0.00	-0.05	0.01	0.00	0.01	-0.05
	最大値	3.01	3.01	0.92	3.01	1.42	1.42	0.85	1.42
	最小値	-1.18	-1.18	-1.14	-1.18	-1.05	-1.05	-1.05	-1.02
	標準偏差	0.26	0.26	0.24	0.33	0.24	0.23	0.22	0.27
鮫浦局	平均値	-0.02	-0.02	-0.02	-0.05	0.01	0.01	0.01	0.00
	最大値	1.60	1.60	1.11	1.60	1.44	1.44	0.99	1.44
	最小値	-1.35	-1.35	-1.16	-1.35	-1.40	-1.40	-1.07	-1.40
	標準偏差	0.26	0.27	0.26	0.31	0.24	0.24	0.23	0.29
谷川局	平均値	0.03	0.02	0.03	-0.01	0.08	0.03	0.03	0.02
	最大値	1.56	1.56	1.17	1.56	2.63	1.60	0.85	1.60
	最小値	-1.24	-1.24	-1.13	-1.24	-1.26	-1.02	-1.02	-1.00
	標準偏差	0.28	0.28	0.27	0.34	0.31	0.22	0.21	0.26



(a) 空間ガンマ線線量率



(b) 剰余線量率

図5 飯子浜MSにおける2000年度の空間ガンマ線線量率と剰余線量率の頻度分布

上: G(E)線量率、中: 剰余線量率、下: 降水量

※太縦線はGain調整時を示す。

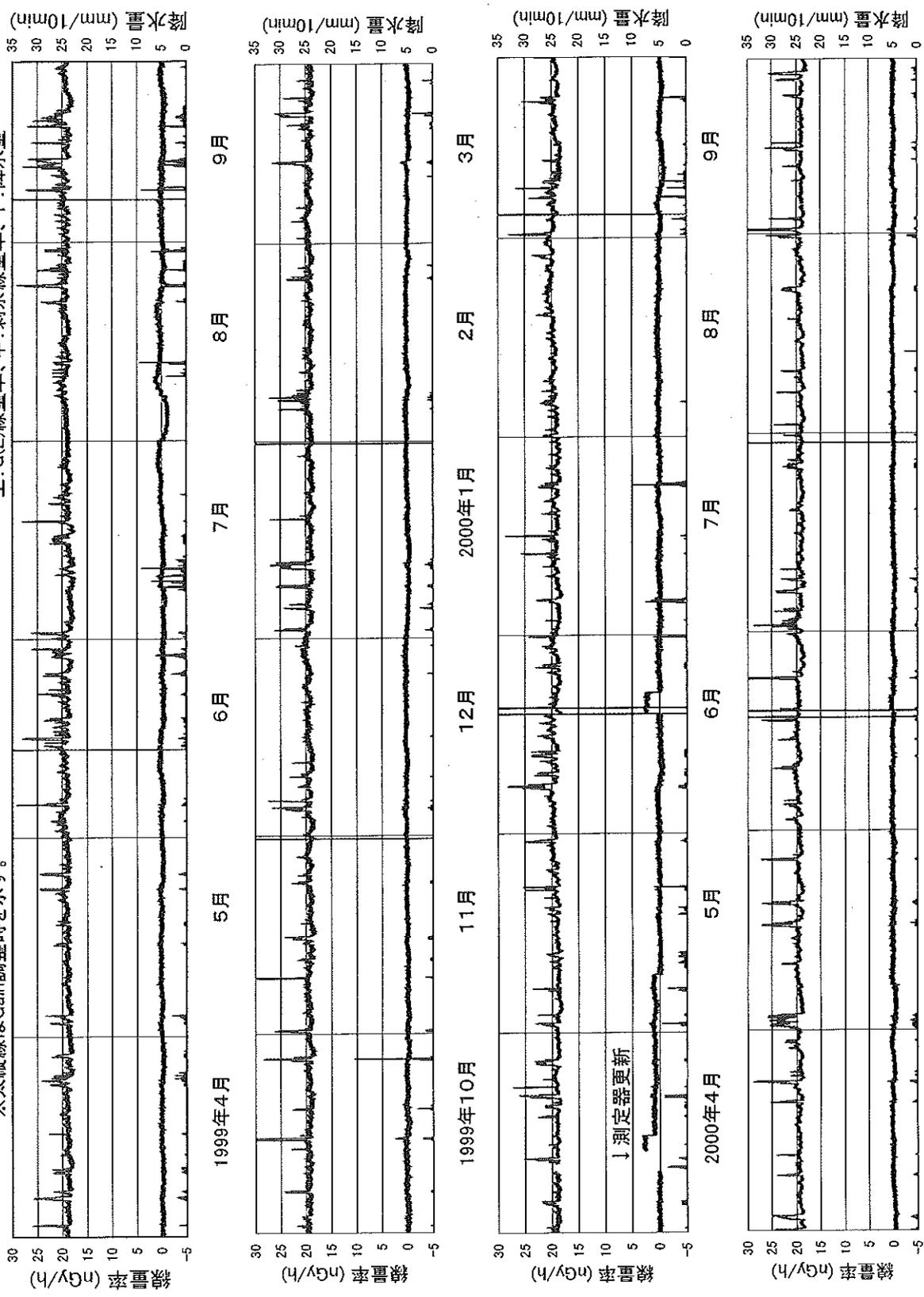


図6 1999年度及び2000年度の飯子浜MSにおける空間ガンマ線線量率(G(E)線量率)と剰余線量率時系列グラフ

※降水量は小屋取局のデータ

2年間の比較的長期間の剰余線量率解析結果を整理すると下記のとおりである。

- ① 平均値は晴天時 $-0.03\sim 0.05$ nGy/h、降水時 $-0.07\sim 0.04$ nGy/hであり、ともに約0 nGy/hを示した。
- ② 標準偏差は、全体としては $0.17\sim 0.37$ nGy/h、晴天時は $0.16\sim 0.36$ nGy/h、また、降水時は $0.20\sim 0.40$ nGy/hで、降水時がやや大きくなった。
- ③ 降水時には、まれに降雨初期にわずかな剰余線量率の上昇が見られることもあるが、大地から放出されるガンマ線の直接線と散乱線成分の割合が変動し、レスポンスマトリクス法が対応できないためと考えられる。
- ④ わずかな変動もみられるが、バックグラウンド線量率導出時の偏回帰係数導出時の影響と考えられる。
- ⑤ 機器更新及び調整時のGain変化時には、エネルギー対チャンネル校正係数がすぐに対応できないために段差を生じた。

全データ、晴天時データ及び降水時データのいずれも、剰余線量率の平均値は0nGy/h近傍の値を示し、標準偏差も $0.17\sim 0.37$ nGy/hと小さかったことから、剰余線量率の安定性は比較的良好であると考えられる。

IV まとめ

剰余線量率の基本的特性及び長期間の変動傾向について調査を行った結果は、以下のとおりであった。

- ① 線量率特性、エネルギー特性及び方向特性について良好な結果が得られた。
- ② およそ $1\sim 2$ nGy/h以上の人工ガンマ線による増分の評価が可能であった。
- ③ 長期データの解析の結果、平均値は0nGy/h近傍の値を示し、標準偏差も小さく、安定性は良好であった。

なお、2002年度には測定誤差を低減させるために照射回数を増した実験及び詳細な変動要因の解析を行うことにしている。

参考文献

- 1) 原子力安全委員会, 環境放射線モニタリングに関する指針, 13-16, 2001年.
- 2) 湊進, 名古屋工業技術試験所報告, 27, 384-397(1978).
- 3) 佐藤健一 他, 宮城県原子力センター年報, 第5巻, 39-45(1986).
- 4) 佐藤健一 他, 宮城県原子力センター年報, 第9巻, 67-68(1990).
- 5) 中村栄一, 日本原子力学会誌, 25, 179-185(1983).

NaI(Tl)検出器を用いたダスト・ヨウ素モニターによる 大気中放射能の連続測定システムの導入

石川陽一

原子力事故等の緊急事態に迅速に対応可能とするため、大気中の放射能を現場で連続的に自動測定するシステム（ダスト・ヨウ素モニター）を導入した。装置本体は環境放射線等を連続測定するためのモニタリングステーションに設置し、スペクトル及びROI（関心領域）計数値等のデータを30分毎に専用電話回線で親局（原子力センター）に収集して解析する方式とした。本システムの構築により、現場で大気浮遊じん（ダスト）と放射性ヨウ素を同一のフィルター・カートリッジに捕集し、NaI(Tl)検出器によってリアルタイムで測定することが可能となった。このシステムによって放射性ヨウ素の ^{131}I を測定する際には、 γ 線エネルギーに近い天然放射性核種の ^{214}Pb （ラドン娘核種）が測定の妨害となるのでその影響について調べた。

I はじめに

原子力施設周辺の環境放射能モニタリングにおいては、種々の方法で大気中放射能の測定が行われている。当県では、通常はモニタリングステーションに設置されたローボリューム式ダストサンプラーで1ヶ月間に採取された浮遊じん試料（活性炭ろ紙を含む）を持ち帰り、ゲルマニウム半導体検出器で測定するバッチ法で行っている¹⁾。緊急時には、採取間隔の短縮、または備え付けのダストサンプラーの緊急稼働で対処している²⁾。これらとは別に、可搬型のハイボリューム式ダストサンプラーによる任意地点、任意間隔の大気試料採取も可能である²⁾。

これらのいずれの方法も大気試料を採取してから測定までに時間がかかるので、原子力事故等の緊急事態に迅速に対応するためには現場にて大気試料の自動採取・自動測定を行うことが望ましい。原子力施設を有する道府県のうちの幾つかの機関では、既に自動で大気中放射能測定が可能なダスト・ヨウ素モニターが導入されている³⁾⁻⁹⁾。これら既存のダスト・ヨウ素モニターでは、前段の浮遊じんろ紙で粒子状放射性物質を採取してZnSまたはプラスチックシンチレータなどの検出器によって全 α 放射能又は全 β 放射能の測定を、また、後段の活性炭フィルターでガス状ヨウ素を捕集してNaI(Tl)検出器によって γ 線測定を行う方式がとられている。NaI(Tl)検出器を用いる場合には、スペクトルデータを利用すれば

^{131}I のみでなく他の γ 線放射核種に関する知見も得られるはずであるが、一般には行われていない。一方、大気中には常に天然のラドン (^{222}Rn) もしくはトロン (^{220}Rn) の壊変生成物が存在するため、浮遊じんろ紙の全 β もしくは全 α 放射能はこれらの影響を受けて大

きく変動する³⁾。しかし、全 β もしくは全 α 放射能を測定する方法では放射線のエネルギー情報が得られないので核種の弁別が難しく、そのため一般に測定値の変動理由は不明確である。

そこで本研究では、浮遊じんろ紙と活性炭フィルターを一つのカセットにまとめて装着し、粒子状放射性物質とガス状ヨウ素を同時に捕集してNaI(Tl)検出器でスペクトルを測ってエネルギー情報を得るシステムを導入し、天然放射性核種の影響等について検討した。

II 方法

本県で設置した7カ所のモニタリングステーションのうちの2カ所（宮城県牡鹿郡女川町小屋取、及び宮城県石巻市小積浜）にダスト・ヨウ素モニターを設置した。図1にダスト・ヨウ素モニターの系統図と捕集材カセットの構造図を、また図2に装置本体の外観の写真、図3に装置本体の断面図を示す。装置の各部の仕様及び基本的性能は下記の通りである。

1 サンプラー部

図3に示す浮遊じん及びヨウ素のサンプラー部本体は、アロカ製DSM-R41-21087型である。

捕集材カセット

図1に示すように下記のフィルターを一つのカセットにまとめて用い、これらを最大で30組まで装着することができる。

捕集材：第1段；集じんろ紙（Advantec製 HE-40T、60mm ϕ ×0.5mm厚）

第2段；ヨウ素捕集用活性炭ろ紙（Advantec製 CP-20、60mm ϕ ×2.5mm厚）

第3段；ヨウ素捕集用活性炭カートリッジ（Advantec製 CHC-50、60mm ϕ ×20mm厚）

湿気対策

空気中の湿気による活性炭へのヨウ素捕集効率低下を防ぐために¹⁰⁾、吸引管のフィルター前段に加温管を施し、約60℃に加温している。

2 測定部

放射線検出器

吸引後の捕集材カセットは、周囲を3cm厚の鉛でしゃへいした2インチ ϕ ×2インチのNaI(Tl)検出器で測定する。

スペクトロメータ

アロカ製ヨウ素測定装置（ASM-454型）によってスペクトルを測定し、¹³¹I、²¹⁴Pb

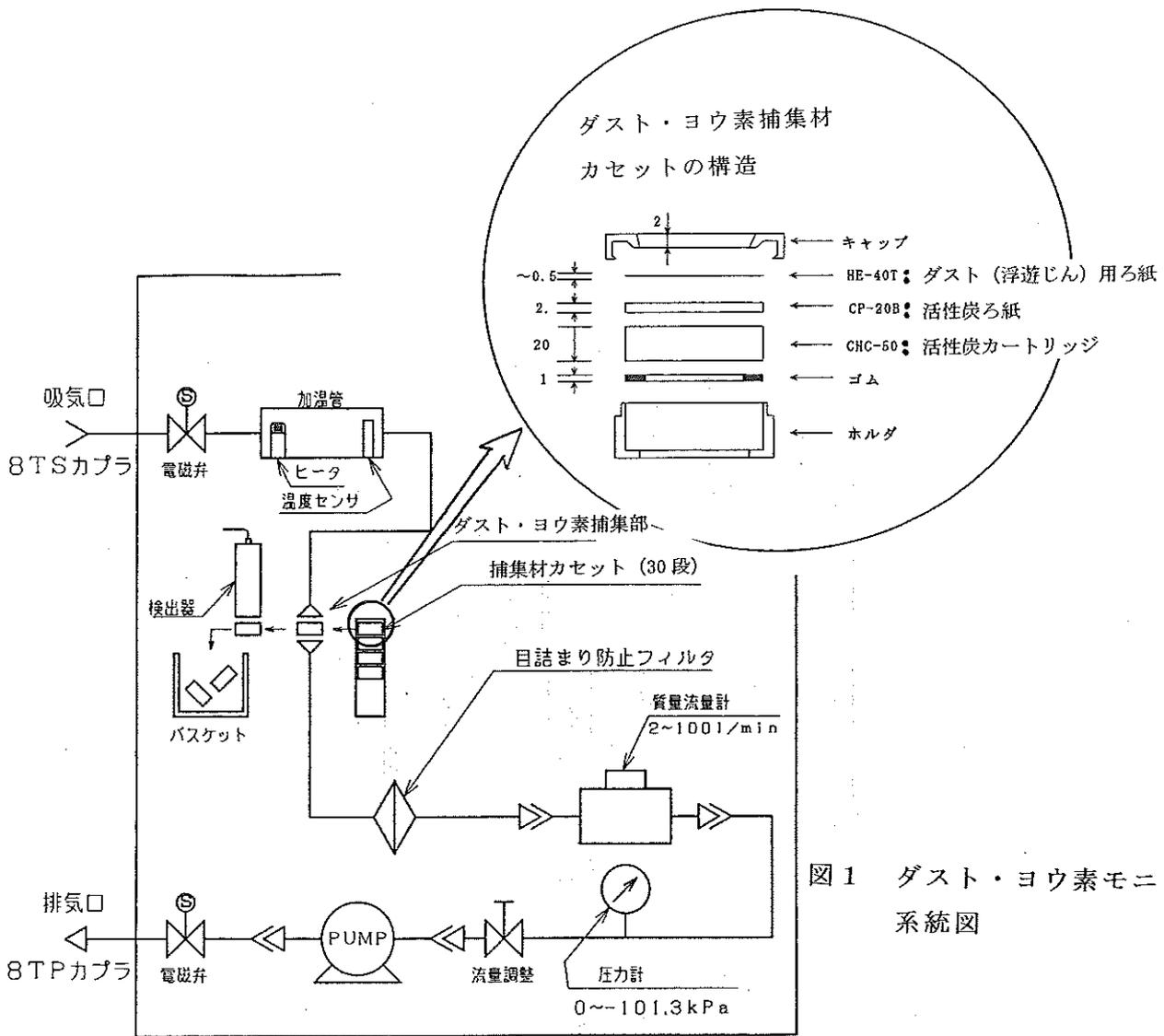


図1 ダスト・ヨウ素モニター
系統図

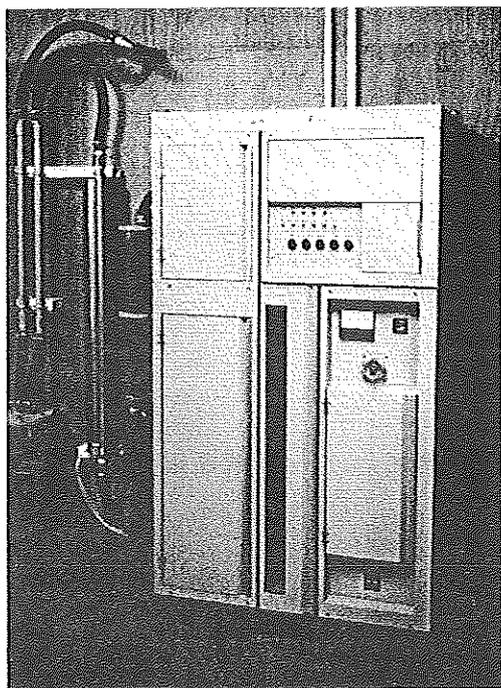


図2 ダスト・ヨウ素モニター
本体写真

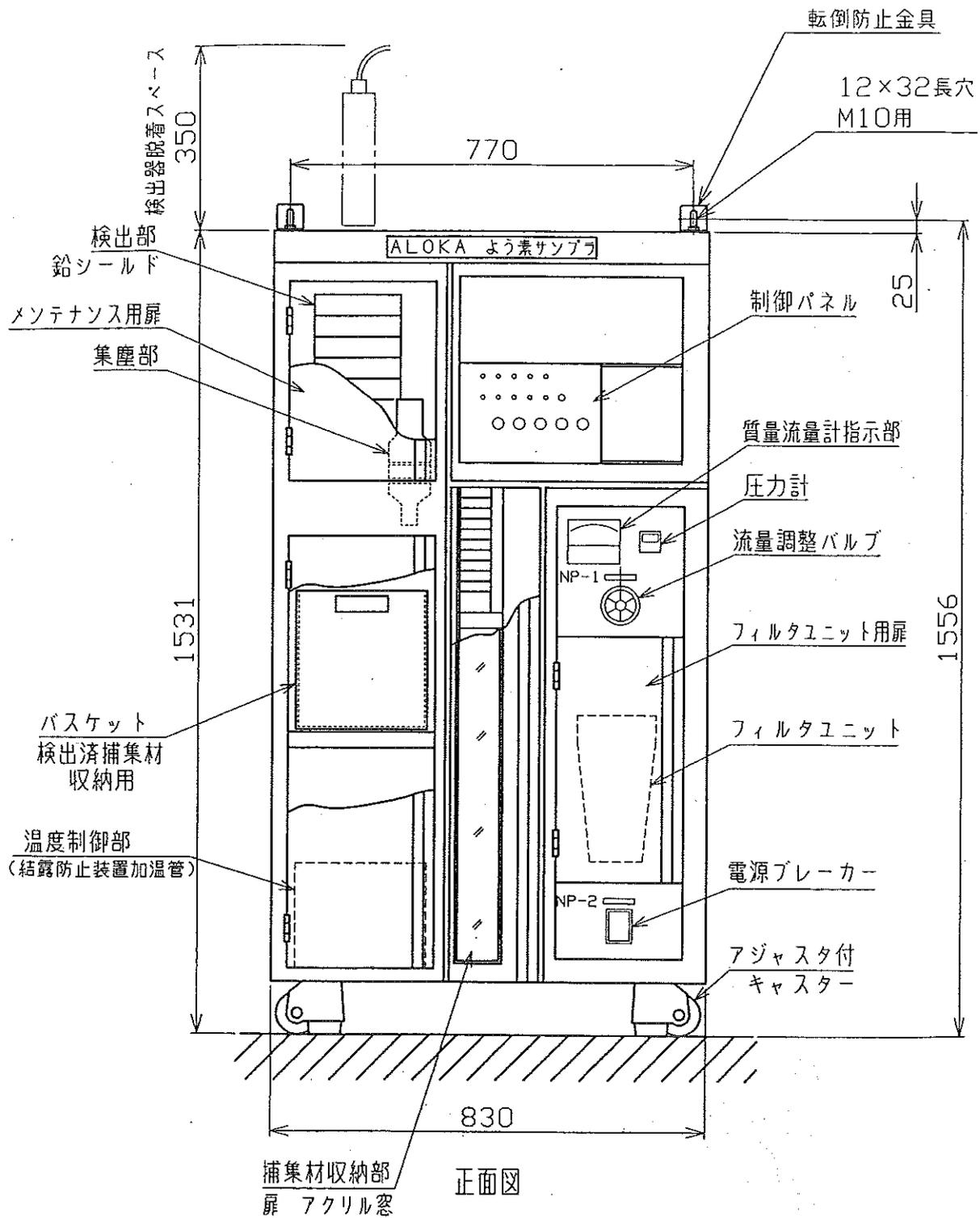


図3 ダスト・ヨウ素モニター装置断面図

及び ^{214}Bi 領域のROI計数率、及びこれらから簡潔な式で求められる $^{214}\text{Pb}/^{214}\text{Bi}$ 計数率比と ^{131}I 正味計数率を演算して、スペクトルデータとともに専用電話回線によって原子力センターに収集できる。データは測定装置の内蔵MO（光磁気ディスク）にも保存することができる。

3 データ処理・制御部

データはNTT専用回線によって宮城県原子力センターの親局に収集され、コンピュータに保存される。親局からは装置の起動・停止・捕集時間間隔の変更などの制御が可能である。試料の捕集間隔は、最短で30分、最長で1ヶ月に設定できる。測定間隔は30分間固定であり、次の捕集材カセットが来るまで繰り返し測定される。親局では、モニタリングステーションで簡易に処理されたデータの収集・保管ができるほか、元のスペクトルデータも表計算ソフトなどで任意に処理できる。

4 標準試料

主な測定対象は ^{131}I （半減期8日、 γ 線エネルギー365 keV）であるのでその標準試料を作成して検出効率を求めればよいのであるが、実際上は ^{131}I の半減期が短くて実用的ではないので、測定試料とほぼ同一形状でかつガンマ線エネルギーが ^{131}I に近い ^{133}Ba （半減期10.5年、 γ 線エネルギー356 keV）を含む市販の模擬線源（標準試料）を使用して ^{131}I の効率を求めた。この模擬線源には ^{137}Cs も含まれており、その検出効率も求めることができる。

III 結果及び考察

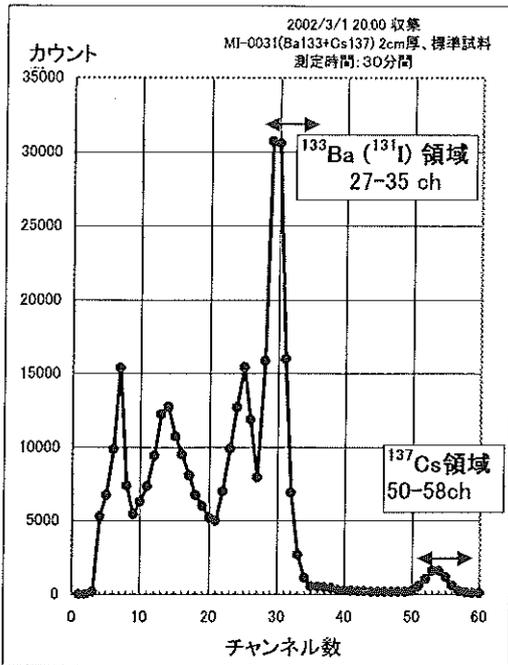
1 ^{131}I と ^{137}Cs の検出効率の測定

図4の(a)と(b)に2種類の ^{133}Ba 標準試料の γ 線スペクトルを、また(c)にバックグラウンド・スペクトルを示す。測定時間は各々30分間である。(a)または(b)のスペクトルにおいて、 ^{133}Ba 及び ^{137}Cs のエネルギー領域の計数から(c)のバックグラウンド・スペクトルの各領域の計数を差し引き、正味計数率を求めて既知量の放射能で割れば検出効率が求められる。 ^{133}Ba 及び ^{137}Cs の検出効率を表1に示す。通常の試料は厚さ約20 mmの

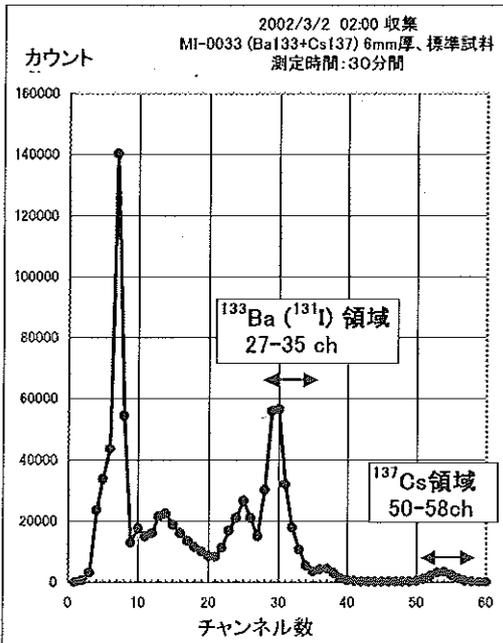
表1 標準試料による ^{133}Ba 及び ^{137}Cs の検出効率の測定結果

試料 核種及び γ 線エネルギー	No.1標準試料 (2cm厚, $^{133}\text{Ba}+^{137}\text{Cs}$)		No.2標準試料 (0.6cm厚, $^{133}\text{Ba}+^{137}\text{Cs}$)	
	^{133}Ba (0.356 keV)	^{137}Cs (0.662 keV)	^{133}Ba (0.356 keV)	^{137}Cs (0.662 keV)
放射能	2.0kBq	0.20kBq	2.4kBq	0.24kBq
領域チャンネル数	27-35	50-58	27-35	50-58
領域グロスカウント数	112500	7150	227111	13825
領域BGカウント数	2016	734	2016	734
領域正味カウント数	110484	6416	225095	13091
領域正味計数率(cps)	61.4	3.56	125	7.27
検出効率(%) [*]	3.1	1.8	5.2	3.6

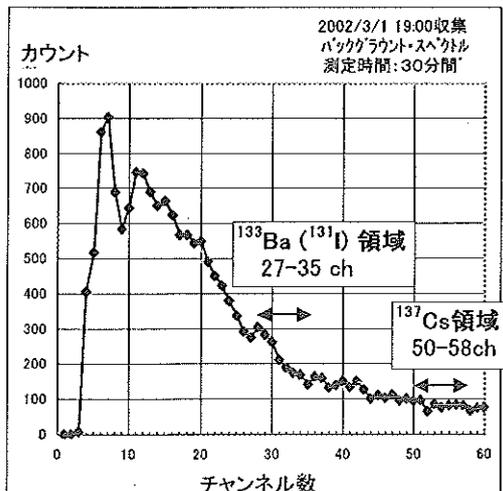
* ^{133}Ba の0.356 keVエネルギー帯の効率は、 ^{131}I の0.364 keVエネルギー帯の効率 η_1 (%)に等しいと見なす。



(a) No.1標準試料のγ線スペクトル
60mmφ × 20mm厚, $^{133}\text{Ba}+^{137}\text{Cs}$



(b) No.2 標準試料のγ線スペクトル
60mmφ × 6mm厚, $^{133}\text{Ba}+^{137}\text{Cs}$



(c) バックグラウンド・スペクトル

図4 2種類の標準試料とバックグラウンドのγ線スペクトル

活性炭カートリッジを含むので、 ^{131}I を測定対象にする場合にはNo.1標準試料の検出効率 (^{133}Ba : 3.1%、 ^{137}Cs : 1.8%) を用いることができる。粒子状放射性核種を測定対象にする場合には、核種は集じんろ紙に捕集されているので、厚さが薄いNo.2標準試料の検出効率 (^{133}Ba : 5.2%、 ^{137}Cs : 3.6%) を用いることができる。

^{133}Ba の検出効率は ^{131}I の検出効率に等しいと見なすことができる。本装置によって実際に ^{131}I が測定された場合、放射能を求めるにはそのエネルギー領域の正味計数率を表1の検出効率で割り算し、更に ^{131}I の365 keV γ 線の放出比(0.817/壊変)で割り算する必要がある。

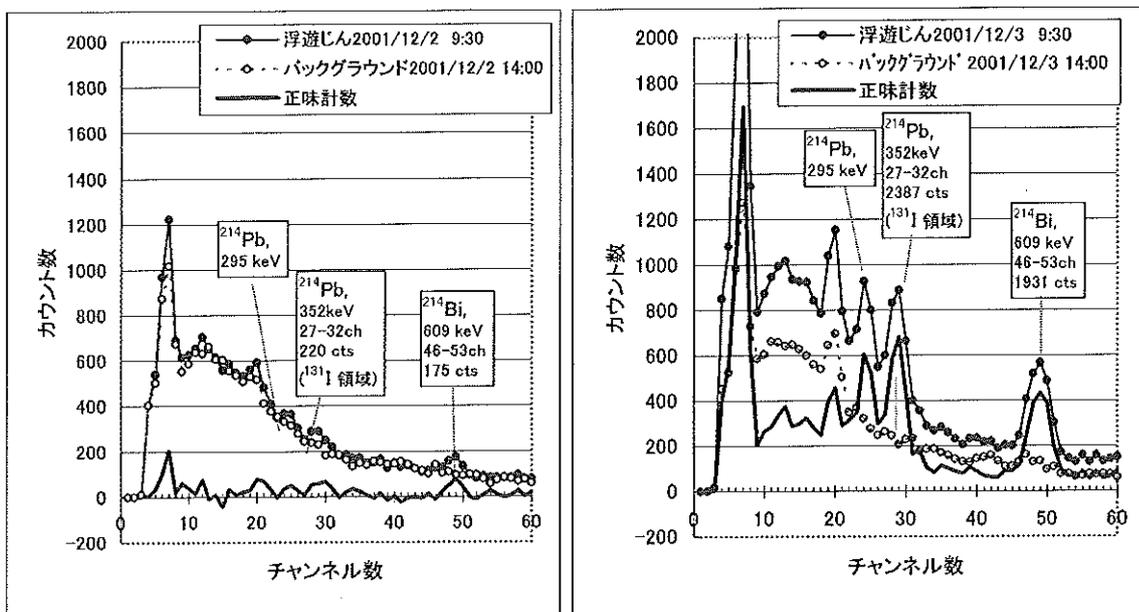
2 実際の浮遊じん試料の測定と天然放射性核種の影響

実試料の測定スペクトル

図5 (a) と (b) に、実際に浮遊じんが捕集された捕集材カセットのガンマ線スペクトルの例を示す。(a) は浮遊じん試料(前日から1日間吸引した直後のもの)とバックグラウンド試料(吸引後十分に時間が経過しラドン娘核種が減衰したもの)にほとんど違いがみられない場合、また(b) は逆に浮遊じん試料に顕著にラドン娘核種(^{214}Pb と ^{214}Bi)が検出された場合を示している。これらの図には浮遊じん試料とバックグラウンドの差の曲線も合わせ示した。(b)ではろ紙に捕集された ^{214}Pb の295 keVと352 keV、及び ^{214}Bi の609 keVの γ 線ピークが顕著に認められている。

^{131}I 測定における ^{214}Pb の妨害の簡易補正

^{214}Pb の352 keV γ 線は ^{131}I の365 keV γ 線とエネルギーが近いために ^{131}I の測定においては妨害となり、 ^{131}I 測定の際に過大評価をもたらす。図5 (b) の例では ^{131}I 領域の正味計数率は約1.5 cpsであり、これを積算流量値(70 m^3)、表1の厚さ6mmのNo.2標準試料の計



(a) ラドン娘核種の影響が小さい場合

(b) ラドン娘核種の影響が大きい場合

図5 実際の浮遊じん試料の測定例

* 検出器: $2''\phi \times 2''\text{NaI(Tl)}$

** 測定時間: 30分間

数効率（5.2%）、 γ 線放出比（0.817/壊変）のデータを用いて仮に ^{131}I 濃度に換算してみると、約 0.5 Bq/m^3 となる。したがって、できるだけ正確な評価が必要な場合には ^{214}Pb の影響を補正する必要があるが、後述するように緊急時対策を行う上ではその影響は小さい。Ge半導体検出器と異なってNaI(Tl)検出器ではエネルギー分解能が悪いため精密補正は不可能であるが、大気中の ^{214}Pb と ^{214}Bi の濃度比は通常あまり大きく変化しないと仮定することによって簡易補正は可能である。すなわち、浮遊じんろ紙には必ず ^{214}Pb と ^{214}Bi の両核種が捕集され、また ^{214}Bi の609 keV γ 線領域には通常妨害ピークが存在しないので、平均的な $^{214}\text{Pb}/^{214}\text{Bi}$ 計数比を用いて609 keV領域の計数から ^{214}Pb 計数を予測し、 ^{131}I 領域の計数から差し引くことができる。本システムでは、このような方法により ^{214}Pb の妨害の簡易補正を行い、スペクトロメータ側で演算処理している。

3 誤差評価及び線量評価への応用

上述のように、かなりの量の ^{214}Pb がろ紙に捕集された場合でも大気中の ^{131}I 濃度に換算してみたところ約 0.5 Bq/m^3 程度であった。したがって、この程度の誤差を無視し得る場合には特に ^{214}Pb の影響を補正する必要はないと言える。仮に ^{214}Pb によってこの程度の正の誤差が生じた場合に、 ^{131}I による甲状腺等価線量の評価にどの程度影響するかを以下に見積もってみる。 0.5 Bq/m^3 の濃度の ^{131}I を含む空気を成人が30分間呼吸するとした場合（30分間は本システムにおける最短の試料採取間隔）、呼吸率（活動時 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ）と線量係数（ $3.2 \times 10^{-3} \text{ mSv/Bq}$ ）から甲状腺等価線量に換算すると¹¹⁾、約 0.001 mSv となる。よって、図4（b）にみられる程度の ^{214}Pb は寄与が小さく、緊急時における ^{131}I による被曝線量評価の際には大きな誤差を与えない。しかも、その場合の ^{214}Pb による誤差はプラス側（過大評価）であるため、防災対策上は安全側での評価となる。

原子力事故時の緊急事態においては、例えば屋内退避が必要になる線量は 100 mSv であるから¹¹⁾、このような防護対策を立てる上で、本システムにおいては十分な検出感度で大気中 ^{131}I 濃度が測定可能であると言える。

また、原子力事故等の緊急事態において ^{131}I とともに大気中に放出される可能性の高い ^{133}I については、その主な γ 線エネルギーが530 keVであるので天然放射性核種の妨害は受けにくく、評価は比較的容易である。粒子状で大気中に放出される可能性のある ^{137}Cs についても γ 線エネルギーは662 keVであり、やはり天然放射性核種による妨害は受けにくい。ただし、原子力事故によって ^{137}Cs が環境に放出されるような場合には、 ^{137}Cs とともに環境に放出される可能性の高い他の粒子状 γ 線放出核種の影響を考慮する必要がある。そのような事態にも対処するには、NaI(Tl)よりもエネルギー分解能の高い検出器を用いることが必要となる。

4 今後の展望

検出器の性能のみで考えれば検出部をGe半導体検出器にした方が格段にエネルギー分解能がよく、より優れたシステムとなる。実際、海外では天然放射性核種の挙動に関する高度な研究用ではあるが、Ge半導体検出器を用いたシステムによって現場で大気中放射能

を自動測定するシステムも稼働している¹²⁾。経済性や維持管理上の問題はあるものの、液体窒素が不要な電気冷却式Ge半導体検出器が比較的小型化し普及しつつある現在¹³⁾、将来の方向性としては、このような検出器を用いた高性能な改良型システムの導入も検討の対象になると言える。本システムでは浮遊じんとヨウ素の試料捕集装置部分に関してはほぼ問題なく、将来的には検出器をNaI(Tl)からGe半導体検出器に交換するなどの改良も考えられる。そのような測定システムを構築すれば、現場でリアルタイムに大気中放射能濃度の高精度測定を行うことが可能となる。

IV ま と め

大気中放射能を現場で連続的に自動測定するシステム（ダスト・ヨウ素モニター）を導入して幾つかの検討を行い、下記の結果を得た。

- (1) ガス状の¹³¹Iの測定に必要な60mmφ×20mm厚の活性炭カートリッジ・サイズの標準試料で検出効率を求めたところ、その値は約3%であった。
- (2) ¹³¹I濃度の測定の際に妨害となるラドン娘核種²¹⁴Pbの影響は、²¹⁴Biの計数率との比を用いて補正可能である。
- (3) 原子力事故等の緊急時において防護対策を行う際には、²¹⁴Pbの影響は無視し得る程度に少ない。

以上の検討の結果、本自動連続測定システムにより、現場で大気浮遊じん（ダスト）と放射性ヨウ素を同一のフィルター・カートリッジに捕集し、NaI(Tl)検出器によってリアルタイムに高精度測定を行うことが可能となった。

参考文献

- 1) 宮城県，平成13年度 女川原子力発電所環境放射能調査結果，第21巻5号，p. 21-23 及びp. 64-66 (2002) .
- 2) 菊地秀夫ほか，宮城県原子力センター年報 第5巻，p. 58-60 (1986) .
- 3) 青森県，原子燃料サイクル施設環境放射線等調査報告書，平成13年度報，p. 160-164 (2002) .
- 4) 福島県原子力発電所 安全確保技術連絡会，平成13年度 原子力発電所周辺環境放射能測定結果報告書，p. 31 (2002) .
- 5) 新潟県，東京電力株式会社，平成13年度 柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書，p. 12 (2002) .
- 6) 石川県，志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書，平成13年度 年報，p. 80 (2002) .
- 7) 福井県環境放射能測定技術会議，原子力発電所周辺の環境放射能調査報告，平成13年

度年報, p. 43 (2002) .

8) 京都府, 高浜原子力発電所環境放射能監視結果, 平成13年度第4四半期, p. 24 (2002) .

9) 愛媛県, 伊方原子力発電所環境放射線等調査結果, 平成14年度第1四半期, p. 24 (2002) .

10) 成富満夫, 福田整司, 空気清浄, 10, 79-94 (1973) .

11) 原子力安全委員会, 緊急時環境放射線モニタリング指針 (平成13年3月一部改訂) .

12) H. N. Lee, 気象研究所地球化学研究部 講演会資料, “EML’s SASP, RAMP and AUTO-RAMP for measuring surface air radionuclides”, 2001年3月7日, つくば市.

そのほか, “WMO (World Meteorological Organization) TD No.1073, Global Atmosphere Watch Measuring Guide”も参照のこと.

13) Canberra, Product Catalog, 12th ed. p.72-73.

技術報告

イオン交換法を用いた放射性ストロンチウム分析法に関する検討

伊藤節男

放射性ストロンチウム-90の分析は発煙硝酸法やイオン交換法等のいくつかの方法で行われているが、それぞれに問題点が指摘されている。今回、従来のイオン交換法を改善するため、キレート樹脂カラムを併用するなどの検討を行い、良好な結果が得られたので報告する。

I はじめに

放射性ストロンチウム-90(以下Sr-90、ストロンチウム全体をSrと記述する)の分析方法については、文部科学省マニュアルに複数の方法が記載されているが、当センターではそのうちのイオン交換法で分析を行っている。そのフローシートの概略を図1に示す。

イオン交換法は、発煙硝酸法に比べ、多量のカルシウム(以下Ca)を含む場合にCaとSrの分離が十分にできない等の問題があるが、操作上の危険性が大幅に少ないこと、廃液の処理が容易なことなどの利点があり、当センターで採用している。

この方法は、発煙硝酸法に比べ手数が軽減されているものの長い工程を要するため、途中の工程を一部省力化する方法について検討した。

II 具体的な検討内容

イオン交換後の溶離液中(約900ml)のSr(キャリアとして100mg添加したものを含む)の回収方法(フロー中の*)として現在は乾固又は炭酸塩分離(図2)を行っているが、これらの方法には次のような改善すべき点が考えられる。

乾固: 加熱して蒸発させるため、時間がかかり(電熱器1000Wで3~4時間程度)、常に目が離せない。

炭酸塩分離: 酢酸アンモニウム緩衝液中では沈殿生成がしにくく、沈殿ができ始めても一夜静置を要する。沈殿が完全に生成したとしても炭酸ストロンチウムがわずかながら水に溶けるので(0.82mg/l, 9℃)、試料を分割して複数のカラムで溶離した場合や、冷却が不十分な場合に回収率に影響がでる可能性がある。

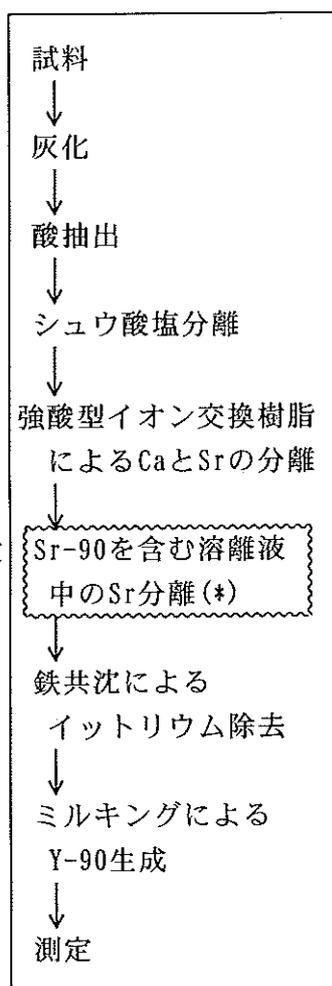


図1 全体の操作フロー

今回、図3に示すように、イミノ二酢酸型キレート樹脂によるSr分離法について検討し有用な結果が得られたので以下に詳述する。

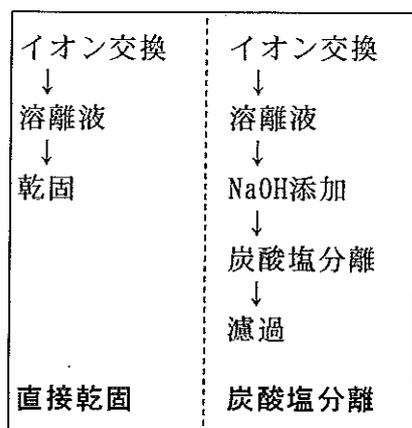


図2 従来法

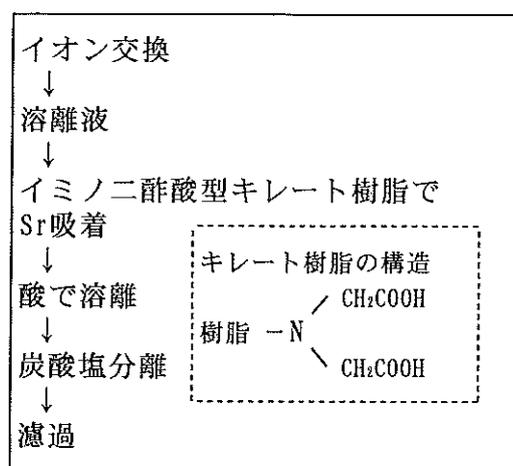


図3 改良型Sr分離法の概略

III 方法

1. カラムの構造等

- (1) キレート樹脂：ムロマチテクノス製 ムロキレートA-1
- (2) カラムの構造：硝酸イオン還元用カラムを参考に既存カラムにガラス管やチューブを組み合わせて図4に示した構成にして、ローラーポンプで一定流速で使用した。
- (3) Sr濃度測定：必要に応じて希釈し原子吸光光度法で測定 (pH調整は行わない)

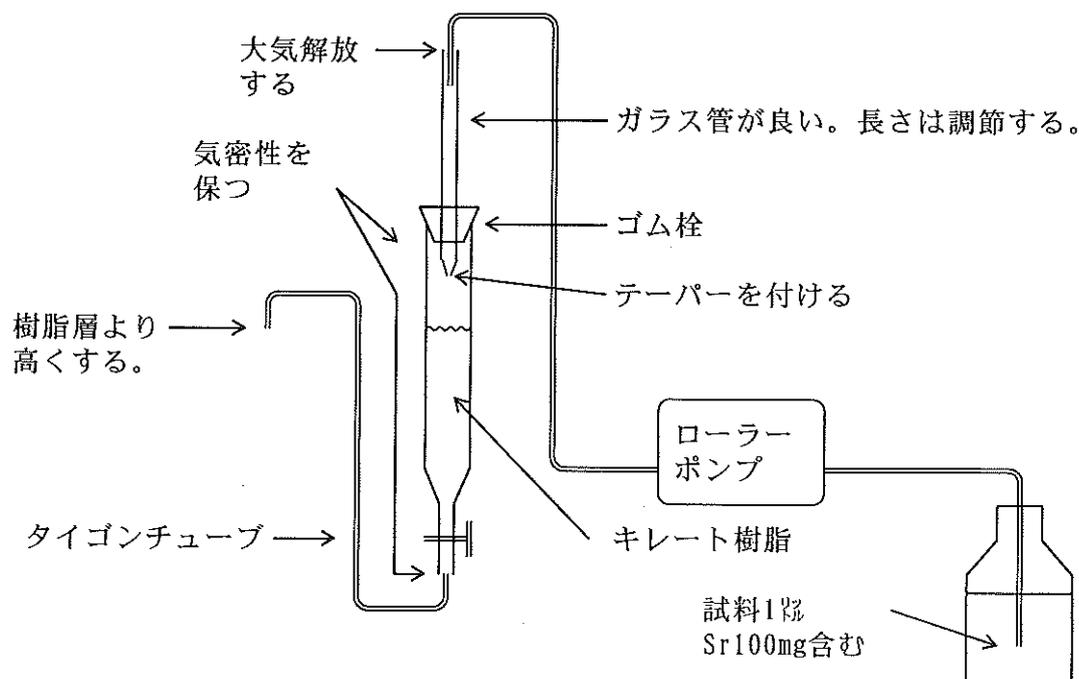


図4 カラムの構造

2. 実験内容

(1) Sr吸着に関するpH及び試料のカラム通過速度の影響

2M酢酸アンモニウム水溶液1リットルにSr(10mg/ml)10mlを加えた試料を次の4条件で比較し、流出液を一定量毎に分画しキレート樹脂に吸着されないで流出したSr濃度を測定した。

- | | |
|-------------------------|-------------|
| ① pH約7.2 (アルカリ無添加) | 流速 15ml/min |
| ② pH約9.2 (NaOH15g添加) | 流速 30ml/min |
| ③ pH約9.3 (NaOH16g添加) | 流速 16ml/min |
| ④ pH約9.4 (アンモニア水60ml添加) | 流速 31ml/min |

(2) Sr溶離に関する検討

(1+11) HClを溶離液に用い一定量(30ml)毎に分画し、その中に含まれるSr濃度を測定し、どの程度の溶離液量を必要とするか検討した。

IV 結果及び考察

1. カラムの特性

今回採用したカラムの利点は、下部のコックを全開にしてポンプの設定のみで流量を調節できること、供給液がなくなっても樹脂が乾燥しないことである。カラム内の抵抗が大きい場合、十分な長さがないと液があふれることがあるので注意を要するものの、通常は操作中の監視の必要がない等、利便性が高く大幅な省力化が可能である。

当センターでは、イオン交換カラムにも同じ構造のものを用いている。

2. キレート樹脂によるSr吸着特性

(1) Sr吸着

図5に示すように、Sr吸着の際には、流速を低くするかアルカリ性になると吸着率が增大することが判明した。特にpHを高くすることの影響が大きく、例えば④の条件では、Srが吸着される割合が99.6%に達する。この理由としては、使用したキレート樹脂と類似の構造であるイミノ二酢酸の酸解離係数(pKa₂)が9.89と報告されていることから、強いアルカリ性にした場合にイミノ二酢酸基部分の酸解離がすすみ捕集能力が増大するものと推測される。このpHの影響については詳細な報告がある¹⁾。また吸着に要する時間も1時間前後と短い点も大きな長所である。

(2) Sr溶離

図6に(1+11)塩酸で溶離したときの状況を示したが、樹脂量の8~10倍を流すとSrのほぼ全量が溶離されることがわかった。

3. 改良分析法の確立

以上のことから、キレート樹脂を使用する方法は、操作性がよくSrを確実に回収できる方法であることが分かった。また、操作が簡便なことから繰り返し適用することで、例えば高濃度のCaを含有する試料をCa含有量3g以下になるよう複数の試料に分割し、それぞれイオン交換カラムでCaとSrを分離した場合に発生する大量の溶離液中からでも効率よくSrが回収でき、イオン交換法の適用を拡大できるものと考えられる。

しかしながら、一試料中のSrが極端な低濃度の場合は、捕集が困難になるものと推測されること、またどの程度高濃度まで回収率を良好に保てるかについては、今後の検討課題である。

今回の実験結果を踏まえ、操作が容易で良好な回収率が得られる図7に示した改良操作法は非常に有効な分析法と考えられる。

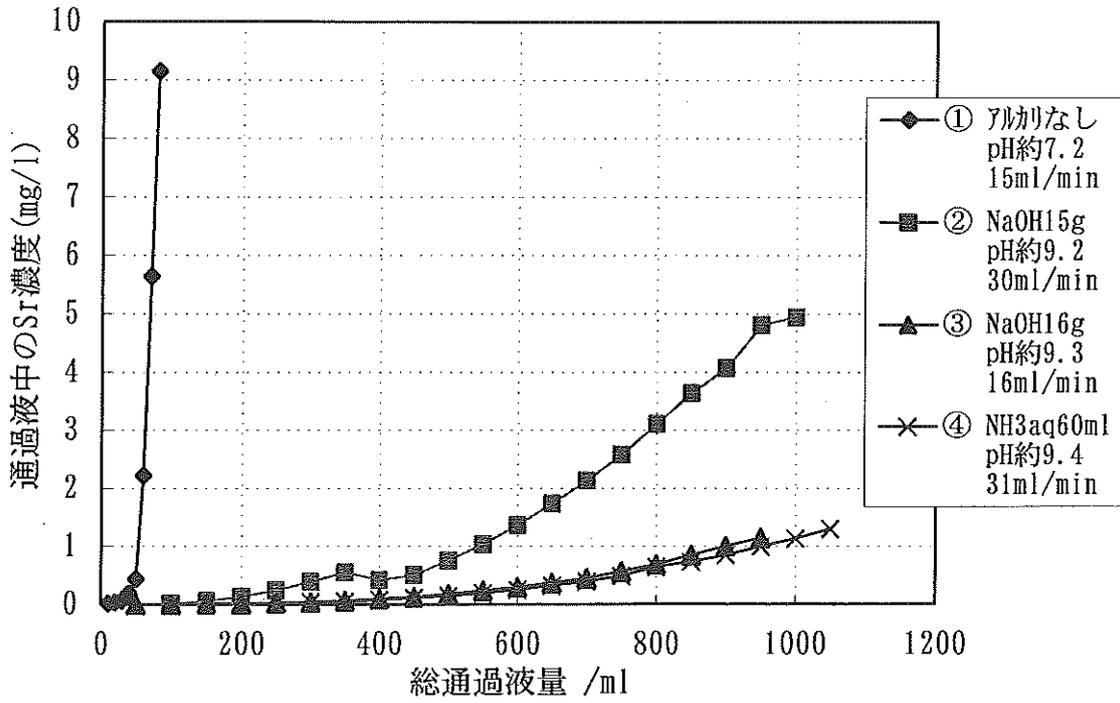


図5 キレート樹脂によるSr吸着

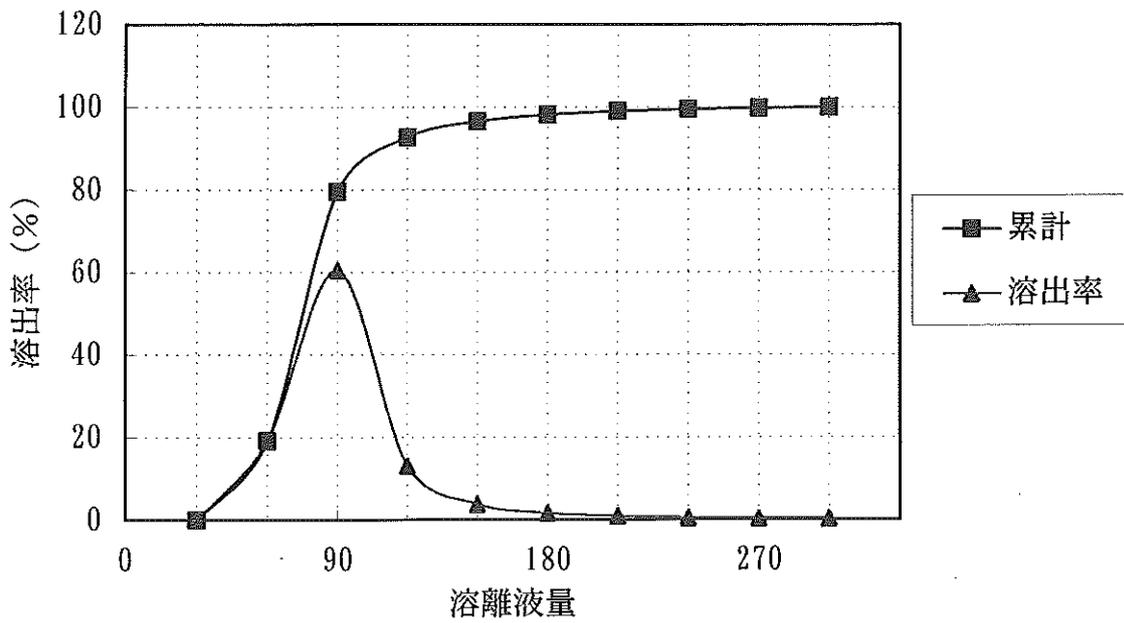


図6 キレート樹脂からの溶離状況

条件：Sr200mgを負荷し(1+1)HCl
を20ml/minで流し、30mlずつ分取

操作フロー	説明
<p>溶離液 (以下誤解をさけるため試料という)</p> <p>↓</p> <p>試料 (約900ml) にアンモニア水60ml以上添加 (pH9.2以上を確認)</p> <p>↓</p> <p>キレート樹脂を充填したカラム (φ2cm, 高さ10cm) に試料を通す。</p> <p>↓</p> <p>(1+1000) 程度のアンモニア水100ml以上を流す。</p> <p>↓</p> <p>(1+5) HCl 50mlを流す。</p> <p>↓</p> <p>ビーカーに受ける。</p> <p>↓</p> <p>(1+11) HCl 200mlを流し、同じビーカーに受ける。</p> <p>↓</p> <p>直接蒸発乾固させる。</p> <p>↓</p> <p>NaOHを加えアルカリ性にする。</p> <p>↓</p> <p>飽和炭酸アンモニウム 10ml 加える。</p> <p>↓</p> <p>加熱・放冷</p> <p>↓</p> <p>ガラスフィルターで濾過</p> <p>↓</p> <p>(1+12) HNO₃ 30ml で溶出</p> <p>↓</p> <p>水で洗浄し併せて、蒸発乾固</p> <p>↓</p> <p>次の操作ステップ</p>	<p>NaOH 15g以上を加えても同様の効果がある</p> <p>Srがキレート樹脂に吸着される。樹脂充填量は膨潤状態で約30ml</p> <p>酢酸アンモニウムの除去</p> <p>Srの溶離回収</p> <p>アンモニア水でアルカリ性にする とSrCO₃沈殿ができにくい場合がある。</p> <p>塩酸で溶出すると乾固の際に微粉末が飛散することがある。</p>
<p>参考： 対象とする試料が大量にある場合には、複数のキレート樹脂カラムに分割負荷し、回収された溶離液を併せてアンモニア水でアルカリ性にしキレート樹脂カラムで再度吸着、溶離させると効率的である。</p>	

図7 改良した操作法

参考文献

1) By S. K. Samanta, Radiochim Acta, 86(1999) 155-159

IV 学会発表等の要旨

1 学会発表

(1) 2000年春期における黄砂由来と思われる ^{137}Cs の観測

石川陽一、吉田徳行、加賀谷秀樹、星野和行、楢崎幸典*

* 福岡県保健環境研究所

日本保健物理学会第35回研究発表会、2001年5月24～25日、仙台市

2000年4月及びその前後の月に、ごく微量ではあるが宮城県内の仙台市を含む複数地点の降下物から ^{137}Cs が検出された。環境放射能モニタリングの観点からその起源について調べた。福岡県で採取した浮遊じんにも何度か ^{137}Cs が検出された。例えば3月21～24日の試料中の濃度は約 $6.6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (空気) で、通常のバックグラウンド値 (約 $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$) よりも明らかに高かった。複数の他の県の同時期の降下物にも通常より高い値の ^{137}Cs が検出されたとの報告があること、及びこの時期に顕著な黄砂が何度も観測されたことから、降下物に検出された ^{137}Cs の主な起源は、黄砂の影響であると考えられた。

(2) 牡鹿半島における空間ガンマ線線量率とラドン濃度の関係について

木立博、今野達矢、石川陽一、加賀谷秀樹、嵯峨京時

第8回大気環境学会北海道東北支部総会、2001年11月16日、仙台市

空間ガンマ線線量率等を連続測定する小積モニタリングステーション (石巻市、2001年4月測定開始) において、夏期にしばしば顕著な線量率の日変動が観測された。ラドンモニター (Genitron製、 α -GUARD2000PRO) によって大気中のラドン濃度を測定して線量率と比較したところ、両者の変動には相関が認められた。この地点においてラドン濃度を上昇させる原因は、大気を安定な状態にさせる気象要因のほかに、地殻から湧出したラドンガスを集積しやすい周囲の地形に関連があるものと推定された。

(3) 牡鹿半島における空間ガンマ線線量率とラドン濃度の関係

木立博、今野達矢、石川陽一、加賀谷秀樹、嵯峨京時

保健環境センター第20回研究発表会、2002年3月15日、仙台市

(発表内容は、上記の第8回大気環境学会北海道東北支部総会と同様)

2 誌 上 発 表

(1) 宮城県における放射能調査

今野達矢、木立 博、吉田徳行、
石川陽一、加賀谷秀樹、星野和行

第43回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成12年度）、2002年、
文部科学省、p. 143-146

前年度に引き続き、文部科学省の委託を受けて宮城県における環境放射能水準調査を実施した。平成12年度は、定時降水については全ベータ放射能を測定し、全ベータ放射能の値は例年と同レベルであった。原乳(6試料)については ^{131}I 濃度をGe半導体検出器で測定したが、 ^{131}I は検出されなかった。そのほか、降下物、陸水、土壌、農産物、市販乳、日常食、及び海産物(合計 26試料)についてもGe半導体検出器で核種分析を行ったが、人工核種では微量の ^{137}Cs のみが検出された。そのほか、空間線量率をNaI式サーベイメータにより毎月1回、NaI式モニタリングポストにより線量率を連続で測定したが、異常な値はみられなかった。

V 資料

新環境放射線移動観測車について

木立博、今野達矢、石川陽一

環境放射線移動観測車を更新した。緊急時対応能力を強化するために既在の高線量率計を積載した。また、GPS装置により位置情報収集を可能にしたほか、衛星通信による当センター中央監視室へのデータ電送を可能とした。

I はじめに

環境放射線移動観測車（モニタリングカー）は任意の場所における定点測定及び走行測定を行うために、空間ガンマ線線量率、粒子状放射性物質濃度、浮遊性ヨウ素濃度及び気象データ（風向・風速）を測定するための機器を車両に搭載した装置である。当センターでは、通常はこのモニタリングカーを用いて四半期毎に女川原子力発電所周辺の線量率測定を行っている。平成4年度に整備したモニタリングカーは、老朽化したこと、測定機器の性能が向上したことにより平成12年度に更新したもので、その基本性能等を紹介する。

II モニタリングカーの概要

今回のモニタリングカー更新で車両の選定については、測定地点となる牡鹿半島の地形が複雑で道幅が狭いためやや小型のものとした。また、冬期の積雪や路面の凍結に備えるため四輪駆動とした。

図1にモニタリングカーの機器構成図を示す。測定装置として線量率計、気象観測装置、ダスト・ヨウ素サンプラ、可搬型Ge測定装置の他、データ処理装置、車両電源設備、無停電電源装置（UPS）、防災無線機を搭載している。このモニタリングカーは女川原子力発電所周辺における空間ガンマ線線量率の平常時監視を行うために用いるが、今回の更新では緊急時モニタリング能力を強化するために高線量率計を新たに搭載した。

牡鹿半島は地形が複雑なため無線が通じない地点もあり、緊急時の通信を確実なものとするために、衛星通信機器を導入し、測定地点、データを当センター中央監視室へ自動送信を可能とする衛星通信モニタリングシステムを構築した。

III 車両、各機器の基本性能

1 車両の基本仕様

車両見取り図を図2に示す。

- ①車種 マツダボンゴハイルーフ4WD・GLスーパー（ワンボックスタイプ、オートマチック車）
- ②寸法 全長；4.5m、全幅；1.7m、全高；2.4m
- ③乗員 3人

④その他 ガソリンエンジン、車寒冷地仕様、宮城県防災無線装備

2 搭載機器の基本性能

(1) 低線量率計

NaI(Tl)シンチレーション検出器により、空間ガンマ線線量率 (G(E)関数法) とスペクトルを測定する。検出器は車両ルーフ側に取り付けた。

①検出器 3"φ×3"NaI(Tl)シンチレータ (アロカ製 ADP-132、温度保証型)

②測定部 スペクトロメータ (アロカ製 ASM-306)、データロガー (アロカ製 ACE106)

ア 測定エネルギー範囲 50keV ~ 3MeV

イ エネルギー補償方式 G(E)関数荷重演算方式

ウ ADC 逐次比較型

③測定範囲 バックグラウンド ~ 1 μ Gy/h

(2) 高線量率計

高線量率計は車内後部に搭載した。

①検出器 半導体式検出器 (アロカ製可搬型モニタリングポスト MAR-561)

②測定範囲 1 μ Gy/h ~ 100mGy/h

(3) 風向風速計

風向風速発信器は車内に格納し、使用時には車両ルーフに取り付けて測定する。

風向風速の測定データは車内のLED表示装置に表示する。

①風向風速発信器

機種 光進電気製 KVS-501 型 (プロペラ式)、重量約 2.5 kg

測定範囲 風向; 全方位 風速; 2 ~ 60 m/s

②表示装置

機種 光進電気製 KVS-501 型 (デジタル表示器)

出力 アナログ電圧 (DC0 ~ 1V)

データ表示盤 寸法; 幅 340mm × 高さ 149mm × 奥行 200mm

LED点灯による風向風速の表示

(4) ダスト・ヨウ素サンブラ

機種 アロカ製 DSM-351

補集材 ろ紙 (HE-40T、60 φ)

活性炭フィルタ (CP-20B、60 φ)

活性炭カートリッジ (CHC-50、60 φ)

最大吸引量 40ℓ/分

(5) 可搬型 Ge 測定器

①検出器

機種 ORTEC 製 CFG-PG-1.2 γ (X) 型

相対効率 27.3 %

分解能 1.80keV (60Co 1.33MeV にて)

デュワ容量 1.2ℓ

②遮蔽体

鉛厚 約 1 cm

内側寸法 220 × 220 × 240mm (2 lマリネリ容器使用可能)

③ MCA

機種 ORTEC 製 2056-C

ADC 入力 4.096V

クロック周波数 100MHz

変換利得 512、1024、2048、4096

(6) GPS 受信装置

測定地点の位置情報をデータ処理装置に出力する。

①機種 パイオニア製 GPS-2001ZZ

②アンテナ パイオニア製 ASS7

③地図ソフト VISMAR-III CD 全国版

(7) 衛星通信機

データ処理装置に収集した線量率、位置情報データを衛星通信により、当センター中央監視室の衛星通信モニタリングシステムサーバーに送信する装置。

機種 インマルサット C/GPS TT-3022C

(8) データ処理装置

データ処理装置は高線量率計、低線量率計、風向風速計、GPS から各測定データ、位置情報を収集し、集中管理する方式とした。線量率及び位置データは衛星通信機器を介して当センターへの送信が可能である。

①機種 データ収集・処理用ノートパソコン；富士通製 FMV-BIBLO
NE5/600R3

プリンター；キヤノン製 LBP-1110

② OS Windows Me

③アプリケーションソフトの機能

- ・線量率、スペクトル等データ収集処理
- ・風向風速データ収集
- ・GPS 装置による位置情報収集
- ・各種データの帳票出力
- ・衛星通信によるデータ送信

(9) 電源装置

①車載発電機

東洋電産製 NMG 発電機 (100V20A 以上)

②無停電電源装置 (UPS)

ジーエス・イーイー製 BM1500FND II (15A 用)

IV 線量率測定データ

新移動観測車の低線量率計による測定を行ったところ、平常時測定地点 24 地点における平成 13 年度の測定結果は 24.2nGy/h ~ 46.7nGy/h であった。平成 12 年度の旧移動観測車による測定結果は 26.8nGy/h ~ 49.3nGy/h であり旧移動観測車に比べ 2 nGy/h 程度

高い値であったが、新旧測定器によるデータは相関係数が 0.96 と良好な相関関係にあった。

V 衛星通信モニタリングシステム

衛星通信モニタリングシステムは緊急時において、移動観測車及び可搬型モニタリングポストの測定データを当センター中央監視室のサーバーに自動収集するシステムである。衛星通信機器はインマルサット C を用いており、測定地点情報（緯度経度）と線量率測定データを自動送信する。これにより、当センター中央監視室で移動観測車の所在地、測定データを把握することができる。図 3 にサーバー画面例を示す。

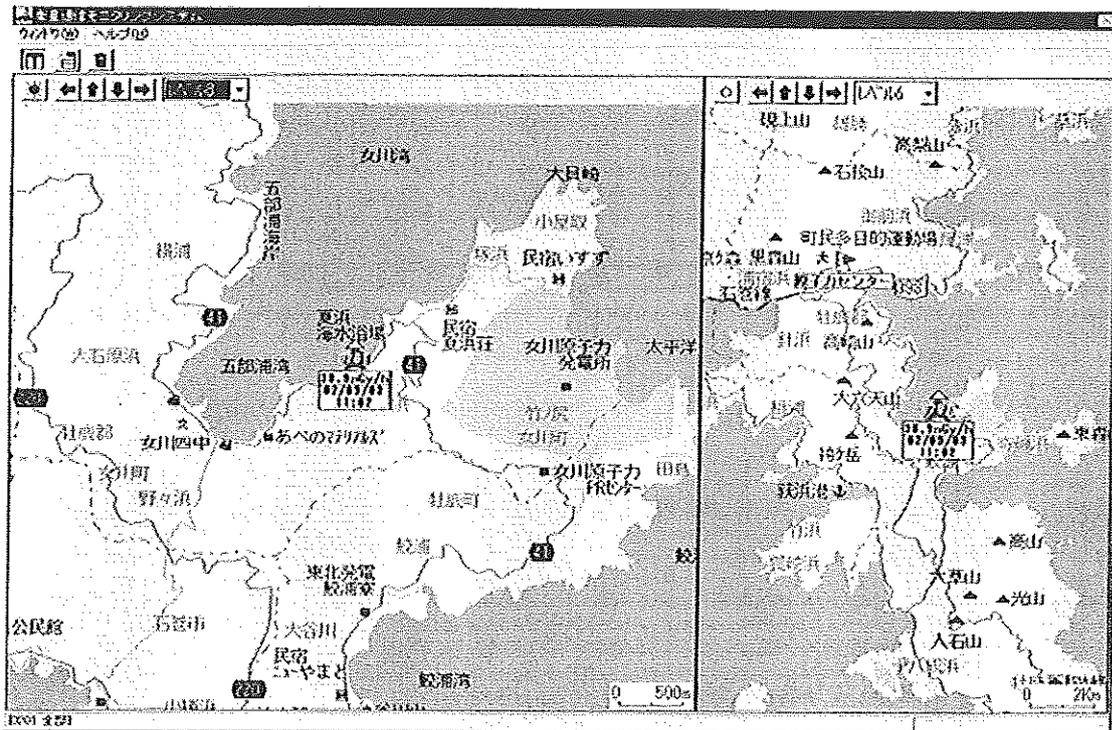


図 3 衛星通信モニタリングシステムサーバー画面例

VI まとめ

今回の更新では高線量率計の搭載によりバックグラウンドレベルから相当高い線量率の範囲の測定が可能となった。また、以前の線量計ではかなりデータ解析に時間がかかったが、スペクトロメータの性能向上により、リアルタイムに測定結果（線量率、スペクトル）の確認が可能となった。更に、緊急時においてはモニタリングカーの正確で迅速な活動状況の把握が重要であり、衛星通信モニタリングシステムの導入により緊急時対応能力の向上に効果があると考えられる。

資料2 環境試料の安定元素分析結果 (ICP法)

石川陽一

1 まえがき

ICP (Inductively Coupled Plasma) 法またはICP-MS法によって環境試料の安定元素濃度を分析した。分析は東北緑化環境保全株式会社に委託した。

平成13年度はかき、ほや、むらさきいがい、あらめ及び海底土について分析を実施した。

2 方法

(1)前処理

金属項目については、前処理として、試料0.2gに硝酸5mlを加え、マイクロウェーブにより酸分解後ろ紙(5C)でろ過をし、100mlに定容。

(2)機器分析

元素毎に次の①または②により行い、方法については、表-1に示す。

①ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)

a. メーカー：横川アナリティカルシステムズ株式会社

b. 機種名：HP4500

c. 原理

イオン源としてのICP部と、そこで生成したイオンを分離測定する質量分析部から構成され、イオン源はICP-AESの光源と原理的に同じである。一般に溶液サンプルは、ネブライザーで霧化され、加熱分解、イオン化される。

質量分析部は大部分の装置で四重極質量分析計を用いており、大気圧下のプラズマ中でイオン化したサンプルは、真空チェンバに導入され、イオンの衝突が無視できる真空領域になるとイオンレンズを用いてイオンを収束し、さらに質量分析計で分離測定する。

d. 性能

- ・高感度
- ・同時多元素分析
- ・定性が容易
- ・同位体分析が可能
- ・高いサンプル処理能力

②ICP-AES(誘導結合プラズマ発光分光分析装置)

a. メーカー：バリアン テクノロジーズ ジャパン リミテッド

b. 機種名：Vista

c. 原理

300MHz以下の周波数において、コイルに高周波電流を流し、高周波磁界の時間変化により電磁誘導によって発生する電界によって放電を行うと、放電と電気回路の結合は誘導形となる。この光源を誘導結合プラズマ(ICP)と呼んでいる。発生した高温アルゴンプラズマ中に液体試料を霧化して導入すると、熱エネルギーにより励起され、光を発生する。この光を分光器で元素特有のスペクトルに分け、そのスペクトルの強さにより試料中に含まれる元素の濃度を測定する。

d. 性質

- ・標準試料の作成が容易
- ・高感度
- ・化学的干渉が少ない
- ・ダイナミックレンジが極めて広い
- ・同時多元素分析

3 結果

平成13年度の分析結果を表2(1)と表2(2)に示す。

表-1 分析方法

項目	単位	分析方法	報告下限値
Ni	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-MS法	0.05
Cu	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
Ag	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-MS法	1
Co	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-MS法	0.05
V	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
Pb	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-MS法	0.05
Be	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-MS法	0.005
Zn	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
Fe	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
Mn	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
Sr	μg/g	マイクロ波酸分解-ICP-AES法	2
強熱減量	%	環水管第127号 II.4	0.1

表2- (1) 分析結果

試料区分	通し番号	試料名	部位	採取地点	試料番号	灰分 %	Ni $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Ni mg/kg (生重量中)	Cu $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Cu mg/kg (生重量中)	Ag $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Ag mg/kg (生重量中)	Co $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Co mg/kg (生重量中)	V $\mu\text{g/g}$ (灰中)	V mg/kg (生重量中)	Pb $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Pb mg/kg (生重量中)	
海産生物	1	かさ		飯子浜	99MP0107	2.382	2.99	0.071	735	17.5	15.8	0.38	1.73	0.041	6.3	0.15	5.50	0.131	
	2	かさ		飯子浜	00MP0107	2.403	1.75	0.042	546	13.1	15.2	0.37	1.28	0.031	11.4	0.27	4.15	0.100	
	3	かさ		飯子浜	01MP0095	2.559	2.66	0.068	549	14.0	13.5	0.35	1.52	0.039	8.3	0.21	4.80	0.123	
	4	かさ	徐殻	竹浦	00MP0109	2.390	2.69	0.064	586	14.0	16.0	0.38	1.46	0.035	15.5	0.37	4.42	0.106	
	5	かさ		竹浦	01MP0096	3.096	1.64	0.051	404	12.5	9.6	0.30	1.08	0.033	5.9	0.18	3.32	0.103	
	6	かさ	肉	出島	01MP0116	2.416	1.88	0.045	540	13.0	14.9	0.36	1.28	0.031	4.6	0.11	3.28	0.079	
	7	かさ		気仙沼	01MP0100	2.499	1.65	0.041	977	24.4	11.2	0.28	2.08	0.052	7.7	0.19	3.56	0.089	
	8	ほや		塚浜	01MP0043	2.484	4.93	0.122	57.7	1.43	6.4	0.16	0.83	0.021	3.0	0.07	2.19	0.054	
	9	ほや		小屋取	01MP0041	2.473	3.63	0.090	95.4	2.36	6.7	0.17	1.36	0.034	3.7	0.09	3.38	0.084	
	10	むらさき いがい		小屋取	00IS0053	2.331	11.2	0.261	42.9	1.00	3.2	0.07	2.60	0.061	10.6	0.25	6.26	0.146	
	海藻	11	むらさき いがい	除殻	小屋取	00IS0097	2.084	4.60	0.096	29.0	0.60	<2.5	<0.05	2.14	0.045	9.6	0.20	4.49	0.094
		12	むらさき いがい		小屋取	00IS0150	2.658	2.73	0.073	44.0	1.17	<2.5	<0.05	1.72	0.046	6.9	0.18	3.32	0.088
		13	むらさき いがい		小屋取	01IS0004	2.702	9.24	0.250	56.1	1.52	<2.5	<0.05	1.72	0.046	6.2	0.17	3.12	0.084
14		あらめ	小屋取		00IS0167	4.552	0.26	0.012	4.4	0.20	2.7	0.12	0.11	0.005	<2.5	<0.05	0.08	0.004	
15		あらめ	小屋取		01IS0017	4.185	0.86	0.036	3.6	0.15	4.4	0.18	0.22	0.009	3.4	0.14	0.28	0.012	
16		あらめ	小屋取		01IS0085	4.102	1.07	0.044	10.2	0.42	4.5	0.18	0.67	0.027	6.7	0.27	0.31	0.013	
17		あらめ	小屋取		01IS0118	4.987	0.96	0.048	6.61	0.33	3.7	0.18	0.47	0.023	5.1	0.25	0.16	0.008	

※生重量中のデータ (mg/kg) は、灰中のデータ ($\mu\text{g/g}$) \times 灰分 (%) / 100 より求めた。

表2- (1) 分析結果 (続)

試料区分	通し番号	試料名	部位	採取地点	試料番号	Be μg/g (灰中)	Be mg/kg (生重量中)	Zn μg/g (灰中)	Zn mg/kg (生重量中)	Fe μg/g (灰中)	Fe mg/kg (生重量中)	Mn μg/g (灰中)	Mn mg/kg (生重量中)	Sr μg/g (灰中)	Sr mg/kg (生重量中)	
海産生物	1	かき	除殻	飯子浜	99MP0107	0.07	0.0017	15100	359.7	1750	41.7	723	17.2	178	4.2	
	2	かき		飯子浜	00MP0107	0.04	0.0010	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	かき		飯子浜	01MP0095	0.07	0.0018	9930	254.1	1830	46.8	655	16.8	159	4.1	
	4	かき	除殻	竹浦	00MP0109	0.05	0.0012	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5	かき		竹浦	01MP0096	0.03	0.0009	8050	249.2	935	28.9	335	10.4	111	3.4	
	6	かき	肉	出島	01MP0116	0.04	0.0010	9370	226.4	1060	25.6	453	10.9	181	4.4	
	7	かき		気仙沼	01MP0100	0.05	0.0012	10300	257.4	1900	47.5	510	12.7	147	3.7	
	8	ほや		塚浜	01MP0043	0.07	0.0017	1480	36.8	635	15.8	107	2.7	181	4.5	
	9	ほや	肉	小屋取	01MP0041	0.08	0.0020	2160	53.4	896	22.2	115	2.8	169	4.2	
	10	むらさき いがい		小屋取	00IS0053	0.06	0.0014	—	—	—	—	—	—	—	—	
	11	むらさき いがい	除殻	小屋取	00IS0097	0.03	0.0006	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	むらさき いがい		小屋取	00IS0150	0.04	0.0011	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13	むらさき いがい		小屋取	01IS0004	0.05	0.0014	594	16.0	451	12.2	42.3	1.1	228	6.2	
	海藻	14	あらめ	除根	小屋取	00IS0167	0.011	0.0005	36.6	0.9	85.2	2.1	12.1	0.3	2130	52.9
		15	あらめ		小屋取	01IS0017	0.016	0.0007	—	—	—	—	—	—	—	—
		16	あらめ		小屋取	01IS0085	0.017	0.0007	—	—	—	—	—	—	—	—
		17	あらめ		小屋取	01IS0118	0.016	0.0008	—	—	—	—	—	—	—	—

※生重量中のデータ (mg/kg) は、灰中のデータ (μg/g) × 灰分 (%) / 100 より求めた。

表 2-1(2) 分析結果

試料区分	通し番号	試料名	部位	採取地点	試料番号	強熱減量 %	Ni μg/g	Cu μg/g	Ag μg/g	Co μg/g	V μg/g	Pb μg/g	Be μg/g	Zn μg/g	Fe μg/g	Mn μg/g	Sr μg/g	
海底土 (砂)	18	海底土	表層土	放水口	01SS0023	9.4	4.4	1.8	<1	2.14	18.2	3.7	0.28	—	—	—	—	
	19	海底土		放水口	01SS0120	9.8	4.8	2.1	<1	2.30	19.9	3.9	3.9	0.29	27.5	10200	102	536
	20	海底土		鮫浦湾	01SS0013	11.7	9.9	7.9	<1	3.73	28.0	11.4	11.4	0.49	—	—	—	—
	21	海底土		鮫浦湾	01SS0122	12.4	10.1	8.2	<1	3.74	28.3	11.6	11.6	0.50	49.3	24300	245	1350
	22	海底土		気仙沼湾	01SS0102	22.8	10.7	10.8	1	6.14	49.4	7.9	7.9	0.44	—	—	—	—

資料3 宮城県における環境放射能核種分析結果

以下に、2001年（平成13年）4月から2002年（平成14年）3月までに採取した試料の核種分析結果を示す。

[図表一覧]

図-1 : Ge半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー用試料形状と略称

表-1 : Ge半導体検出器の主な性能

(1) Ge半導体検出器による分析結果

表-2～表-29にGe半導体検出器による分析結果を示す。これらの表において、試料番号に*印（アスタリスク）が付いているデータは、「平成13年度 女川原子力発電所 環境放射能調査結果（平成13年9月 宮城県）」において、対象核種（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）と ^7Be 及び ^{40}K の分析値が公表されたことを示す。これら以外の試料は調査研究のために採取したものである。放射能の値は試料採取日における値を示す。

(2) ^{90}Sr 分析結果

表-30

(3) ^3H 分析結果

表-31

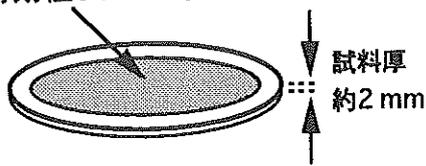
(4) 科学技術庁委託調査結果（平成13年度）

表-32～表-38 :

これらのデータは、文部科学省からの環境放射能水準調査の委託により得られた成果の一部である。

浮遊じん採取

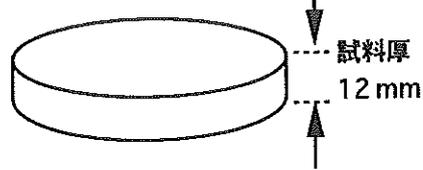
有効径53 mm ϕ



(a) 大気浮遊じん用ろ紙 (F53)

上：活性炭ろ紙 (Toyo, CP-20)
下：セルロース・ガラス繊維ろ紙
(Toyo, HE-40T)

60 mm ϕ

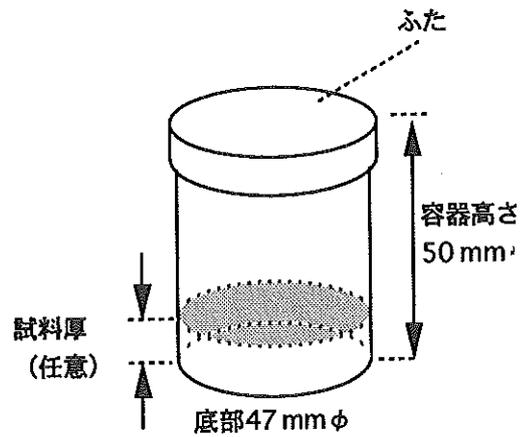


(b) ディスク状容器 (D60)

(プレス成型した灰試料用)

(c) ポリスチレン容器 (U8)

(降下物, 土壌, その他の
試料用)



(d) 2リットル・マリネリ容器 (M)

(生乳その他の大容量試料用)

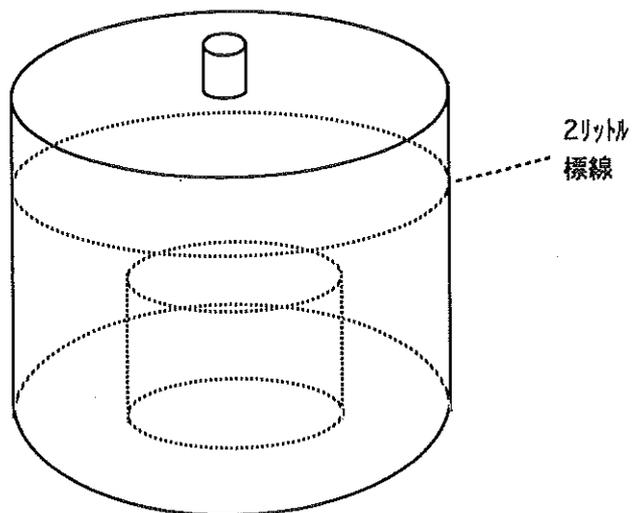


図-1 Ge半導体検出器による γ 線スペクトロ
メトリー用試料形状と略称

表-1 Ge 半導体検出器の主な性能

検出器番号	Ge 1	Ge 2	Ge 3	Ge 4	
検出器型名	ORTEC GEM-110210	ORTEC GMX-45200	ORTEC GMX-45200	ORTEC LOAX-51370/20	
検出器サイズ (mm)	82.0 ϕ \times 100.3	64.3 ϕ \times 64.5	65.8 ϕ \times 71.5	51.7 ϕ \times 20.2	
検出器エンドキャップ	1.5 mm, NiメッキMg	1.5 mm, NiメッキMg	1.5 mm, NiメッキMg	1.5 mm, NiメッキMg *	
検出器窓	—	0.5 mm Be	0.5 mm Be	0.5 mm Be	
印加電圧	+3500 V	-3600 V	-3500 V	-2300 V	
MCA (ADC, Lin. AMP, 高圧電源含む)	SEIKO EG&G スーパーグラフィック MCA 7700型				
検出器 性能	FWHM at 5.9 keV	—	0.605 keV	0.703 keV	0.366 keV
	FWHM at 122 keV	—	—	—	0.578 keV
	FWHM at 1.33 MeV	2.05 keV	1.90 keV	1.96 keV	—
	P/C比	85	64	61	—
	相対効率 **	115.8 %	51.1 %	55.5 %	—
遮へい体厚さ (mm) (内側より)					
アクリル樹脂	11	11	5	2	
無酸素銅	10	10	5	3	
カドミウム	3	3	—	—	
旧鉄	—	—	12	—	
鉛	150	150	120	100	
鋼鉄	9	9	10	10	
データ解析装置	DEC α -Station 255/233				

* No. 4 Ge のエンドキャップ材はA1製から交換。

** 相対効率は、線源-検出器間距離25 cmのときの、 ^{60}Co の1.33 MeV- γ 線エネルギーにおける
3" ϕ \times 3" NaI(Tl)検出器に対する相対値。

(1) ゲルマニウム半導体検出器による分析結果

表-2 降下物の核種分析結果(1)

試料名		降下物					
		雨水・ちり					
採取地点		女川町(原子力センター)					
採取期間		2001. 4. 2 ~2001. 5. 1	2001. 5. 1 ~2001. 5. 31	2001. 5. 31 ~2001. 7. 2	2001. 7. 2 ~2001. 8. 1	2001. 8. 1 ~2001. 9. 3	2001. 9. 3 ~2001. 10. 2
採取月		4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分
試料番号		01F00009* (注1)	01F00039*	01F00054*	01F00069*	01F00077*	01F00093*
放射能	Be-7	26.7±0.5	155±0.9	163±1	66.3±0.8	107±0.8	102±0.7
	K-40	2.2±0.2	1.8±0.2	1.0±0.2	—	—	0.87±0.16
	Pb-210	8.7±0.2	24.8±0.3	20.4±0.3	12.4±0.3	19.2±0.3	11.3±0.2
	Cs-137	— (注2)	(0.048) (注3)	—	—	—	—
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
蒸発残渣量(g/m ²)		4.7	4.5	2.7	2.1	2.9	3.2
Ge 検出器番号		3	3	3	3	3	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000

(注1) 試料番号にアスタリスク(*)がついている試料は、Be-7、K-40、Cs-137及び蒸発残渣量の値を既に「女川原子力発電所環境放射能及び排水調査結果(平成13年度分)」に報告済みであることを示す。

(注2) ハイフン(—)は、光電ピークが認められず検出下限値未満であることを示す(以下、同様)。

(注3) カッコ内の値は、測定値が検出下限値未満ではあるものの光電ピークが検出された場合の検出下限値を示す(以下、同様)。
No. 2 Ge 検出器にて50万秒測定した結果、5月分試料(01F00039)のCs-137の値は有意で0.039±0.005 Bq/m²であった。

表-3 降下物の核種分析結果(2)

試料名		降下物					
		雨水・ちり					
採取地点		女川町(原子力センター)					
採取期間		2001. 10. 1 ~2001. 11. 1	2001. 11. 1 ~2001. 12. 3	2001. 12. 3 ~2002. 1. 4	2002. 1. 4 ~2002. 2. 1	2002. 2. 1 ~2002. 3. 1	2002. 3. 1 ~2002. 4. 1
採取月		10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分
試料番号		01F00105*	01F00136*	01F00141*	01F00155*	01F00164*	01F00175*
放射能	Be-7	117±0.9	60.6±0.6	37.3±0.4	207±1	32.9±0.5	197±1
	K-40	1.2±0.2	1.3±0.2	1.4±0.2	1.7±0.2	0.98±0.22	2.4±0.3
	Pb-210	16.7±0.3	10.7±0.2	11.6±0.2	31.5±0.3	9.6±0.2	35.1±0.4
	Cs-137	—	—	—	—	—	0.12±0.02
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
蒸発残渣量(g/m ²)		4.0	4.2	3.9	4.4	2.2	6.4
Ge 検出器番号		3	2	3	2	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000

表-4 降下物の核種分析結果 (3)

試料名		降下物					
		雨水・ちり					
採取地点		仙台市 (保健環境センター)					
採取期間	2001. 4. 2	2001. 5. 1	2001. 5. 31	2001. 7. 2	2001. 8. 1	2001. 9. 3	
	~2001. 5. 1	~2001. 5. 31	~2001. 7. 2	~2001. 8. 1	~2001. 9. 3	~2001. 10. 2	
採取月	4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分	
試料番号	01F00010*	01F00040*	01F00055*	01F00070*	01F00078*	01F00094*	
放射能	Be-7	24.6±0.5	102±0.7	230±1	116±1	157±1	132±0.8
	K-40	1.6±0.2	1.8±0.2	1.3±0.2	1.2±0.2	0.93±0.22	0.84±0.22
	Pb-210	8.5±0.2	11.9±0.3	31.5±0.4	18.5±0.3	24.8±0.3	16.9±0.3
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	Bq/m ²					
試料採取面積(m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m ²)	3.6	3.6	3.5	3.1	2.8	2.6	
Ge検出器番号	3	3	3	3	3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	対照地点						

(注) 保健環境センター (対照地点) の採取地点は、197年4月より5階屋上から地上へ変更した。

表-5 降下物の核種分析結果 (4)

試料名		降下物					
		雨水・ちり					
採取地点		仙台市 (保健環境センター) (注)					
採取期間	2001. 10. 1	2001. 11. 1	2001. 12. 3	2002. 1. 4	2002. 2. 1	2002. 3. 1	
	~2001. 11. 1	~2001. 12. 3	~2002. 1. 4	~2002. 2. 1	~2002. 3. 1	~2002. 4. 1	
採取月	10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分	
試料番号	01F00106*	01F00137*	01F00142*	01F00156*	01F00165*	01F00176*	
放射能	Be-7	134±0.9	37.5±0.5	39.5±0.5	129±0.9	16.3±0.4	110±0.7
	K-40	1.0±0.2	0.72±0.21	0.77±0.22	1.1±0.2	0.89±0.23	2.0±0.3
	Pb-210	20.1±0.3	7.7±0.2	9.4±0.2	25.9±0.3	6.2±0.2	19.7±0.3
	Cs-137	—	—	—	—	—	0.075±0.016
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m ²)	3.0	1.8	2.6	3.5	2.6	4.8	
Ge検出器番号	3	3	3	3	3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	対照地点						

(注) 保健環境センター (対照地点) の採取地点は、197年4月より5階屋上から地上へ変更した。

表-6 四半期間降下物の核種分析結果 (1)

試料名	降下物				
	雨水・ちり				
採取地点	牡鹿町(鮫浦MS)				
採取期間	2001. 3. 28 ~2001. 6. 28	2001. 6. 28 ~2001. 9. 28	2001. 9. 28 ~2001. 12. 26	2001. 12. 26 ~2002. 3. 27	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	01F00050*	01F00089*	01F00148*	01F00169*	
放射能	Be-7	202±2	214±2	140±2	182±2
	K-40	3.3±0.7	1.7±0.5	2.2±0.6	5.4±0.8
	Pb-210	38.4±0.8	51.0±0.7	46.5±0.8	59.0±0.9
	Cs-137	—	—	—	0.19±0.05
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.166	0.166	0.166	0.166	
蒸発残渣量(g/m ²)	12.2	8.8	7.4	14.9	
Ge 検出器番号	3	2	3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	

表-7 四半期間降下物の核種分析結果 (2)

試料名	降下物				
	雨水・ちり				
採取地点	女川町(飯子浜MS)				
採取期間	2001. 3. 28 ~2001. 6. 28	2001. 6. 28 ~2001. 9. 28	2001. 9. 28 ~2001. 12. 26	2001. 12. 26 ~2002. 3. 27	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	01F00049*	01F00088*	01F00147*	01F00168*	
放射能	Be-7	295±2	106±1	156±2	103±0.9
	K-40	3.9±0.5	4.4±0.5	2.9±0.5	4.8±0.4
	Pb-210	45.8±0.7	24.5±0.5	38.4±0.7	23.6±0.4
	Cs-137	—	—	—	0.11±0.03
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.166	0.166	0.166	0.166	
蒸発残渣量(g/m ²)	9.3	8.8	9.5	12.2	
Ge 検出器番号	2	2	2	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	

表-8 四半期間降下物の核種分析結果 (3)

試料名		降下物			
		雨水・ちり			
採取地点		杜鹿町 (谷川MS)			
採取期間		2001. 3. 28 ~2001. 6. 28	2001. 6. 28 ~2001. 9. 28	2001. 9. 28 ~2001. 12. 26	2001. 12. 26 ~2002. 3. 27
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		01F00051*	01F00090*	01F00143*	01F00170*
放射能	Be-7	237±2	166±2	102±1	151±2
	K-40	4.0±0.5	2.1±0.7	3.8±0.7	6.9±0.8
	Pb-210	29.1±0.6	45.4±0.8	28.7±0.7	41.1±0.8
	Cs-137	—	—	—	0.17±0.05
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)		0.166	0.166	0.166	0.166
蒸発残渣量(g/m ²)		10.1	6.9	8.1	19.9
Ge 検出器番号		2	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000

表-9 四半期間降下物の核種分析結果 (3)

試料名		降下物			
		雨水・ちり			
採取地点		女川町 (原子力センター)			
採取期間		2001. 3. 28 ~2001. 6. 28	2001. 6. 28 ~2001. 10. 1	2001. 10. 1 ~2001. 12. 26	2001. 12. 26 ~2002. 4. 9
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		01F00052	01F00091	01F00144	01F00177
放射能	Be-7	454±3	203±2	46.7±0.7	336±1
	K-40	7.0±0.6	2.1±0.6	1.5±0.2	7.8±0.4 (注)
	Pb-210	54.6±0.8	34.3±0.7	16.8±0.3	99.6±0.4
	Cs-137	—	—	—	0.16±0.02
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)		0.166	0.166	0.166	0.166
蒸発残渣量(g/m ²)		17.8	9.0	13.7	20.4
Ge 検出器番号		2	3	3	4
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	500000

(注) 1~3月分の試料 (01F00177) のK-40の値のみ、No.2 Ge 検出器で25万秒間測定した結果である。

表-10 農産物の核種分析結果(1)

試料名	米	
	精米	
採取地点	牡鹿町谷川	
採取月日	2001.11.15	
試料番号	01VG0123*	
放射能	Be-7	—
	K-40	27.2±0.2
	Pb-210	—
	Cs-137	0.035±0.003
	単位	Bq/kg生
試料量(kg生)	7.59 (注)	
灰分(%)	0.523	
Ge検出器番号	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	
備考	採取月日は受取月日を示す。	

(注) 測定には灰化した試料を用いており、試料量は生重量に換算した値を示す。
以下、他の農産物、植物及び海産物についても同様である。

表-11 農産物の核種分析結果(2)

試料名	大根				
	根	葉	根	葉	
採取地点	女川町横浦		牡鹿町谷川		
採取月日	2001.11.15	2001.11.15	2001.11.15	2001.11.15	
試料番号	01VG0124*	01VG0125*	01VG0126*	01VG0127*	
放射能	Be-7	0.20±0.04	6.5±0.2	0.17±0.05	7.0±0.1
	K-40	78.6±0.3	77.5±0.5	85.4±0.3	115±0.5
	Pb-210	—	1.8±0.1	—	2.0±0.1
	Cs-137	—	—	—	(0.019)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	6.50	1.72	6.01	2.76	
灰分(%)	0.692	1.44	0.745	1.63	
Ge検出器番号	3	2	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考					

表-12 陸水の核種分析結果 (1)

試料名		陸 水			
採取地点		水道原水			
採取月日		女川町野々浜		牡鹿町寄磯	
試料番号		2001. 7. 18	2002. 1. 8	2001. 7. 18	2002. 1. 8
試料番号		01LW0062*	01LW0149*	01LW0063*	01LW0150*
放射能	Be- 7	—	(17)	—	37±6
	K - 40	28±5	27±6	21±6	29±6
	Pb-210	22±4	13±3	13±3	13±4
	Cs-137	—	—	—	—
	単位	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l
試料量 (l)		20.0	20.0	20.0	20.0
Ge 検出器番号		2	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000
備 考					

表-13 陸土の核種分析結果 (1)

試料名		陸 土 (注1)			
部位		未耕地			
採取地点		牡鹿町寄磯		岩出山町 (城山公園)	
採取月日		2001. 6. 20		2001. 6. 14	
試料番号		01LS0048*		01LS0047*	
放射能 (注2)	Be- 7	—	—	—	—
	K - 40	21600±400	478±8	9900±200	247±6
	Pb-212	1330±30	32.6±0.7	820±20	20.5±0.6
	Pb-214	200±30	4.8±0.8	—	—
	Cs-137	300±10	7.1±0.3	300±10	7.5±0.3
	単位	Bq/m ²	Bq/kg 乾土	Bq/m ²	Bq/kg 乾土
試料量		22.4 cm ²	0.102 kg	20.6 cm ²	0.0827 kg
Ge 検出器番号		3		2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000		80000	
備 考				比較対照地点	

(注1) 本試料については、同一測定結果について単位面積当たりと単位重量当たりの両方の放射能を示した。

(注2) 低エネルギーγ線放出核種である Pb-210 については、試料が厚かつ密度が高いために自己吸収補正が困難であるので、掲載しなかった。一方で、Th 系列と U 系列の代表的な γ 線放出核種である Pb-212 と Pb-214 については概ね Th-232 及び U-238 と放射平衡と見なせるため、参考のため掲載した。

表-14 陸土の核種分析結果(2)

試料名		陸 土		
部位		未耕土		
採取地点		オフサイトセン ター予定地(a)	オフサイトセン ター予定地(b)	オフサイトセンタ ー予定地(c)
採取月日		2001. 4. 6		
試料番号		011L0001*	011L0002*	011L0003*
放射能	Be- 7	—	—	—
	K - 40	439±8	530±10	470±10
	Pb-212	23.2±0.6	32±1	43±1
	Pb-214	8.1±0.8	5.8±1.5	4.6±1.3
	Cs-137	5.3±0.7	3.8±0.5	1.7±0.4
	単位	Bq/kg 乾土	Bq/kg 乾土	Bq/kg 乾土
試料量(kg 乾土)		0.0507	0.0316	0.0357
Ge 検出器番号		2	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000
備 考		宮城県原子力センターの隣接地において、工事中の堀土を採取したもの。		

表-15 浮遊じんの核種分析結果(1)

試料名		浮 遊 じ ん					
採取地点		女川町(女川MS)					
採取期間		2001. 3. 29 ~2001. 4. 27	2001. 4. 27 ~2001. 5. 31	2001. 5. 31 ~2001. 6. 29	2001. 6. 29 ~2001. 7. 31	2001. 7. 31 ~2001. 8. 30	2001. 8. 30 ~2001. 9. 28
採取月		4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分
試料番号		01AE0005*	01AE0020*	01AE0033*	01AE0066*	01AE0072*	01AE0098*
放射能	Be- 7	3.8±0.1	2.26±0.08	1.68±0.06	1.3±0.1	1.82±0.06	2.36±0.08
	K - 40	—	—	—	—	—	—
	Pb-210	0.85±0.06	0.58±0.06	0.47±0.05	0.45±0.04	0.32±0.04	0.49±0.04
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	mBq/m ³					
試料量(m ³)		1140	1137	1289	1618	1421	1227
Ge 検出器番号		3	3	3	3	2	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備 考							

表-16 浮遊じんの核種分析結果 (2)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		女川町 (女川MS)					
採取期間		2001. 9. 28	2001. 10. 30	2001. 120010	2001. 12. 27	2002. 1. 29	2002. 2. 28
		~2001. 10. 30	~2001. 120010	~2001. 12. 27	~2002. 1. 29	~2002. 2. 28	~2002. 3. 29
採取月		10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分
試料番号		01AE0128*	01AE0133*	01AE0138*	01AE0152*	01AE0161*	01AE0172*
放射能	Be- 7	2.8±0.1	2.60±0.08	2.32±0.08	1.90±0.08	2.49±0.08	2.95±0.08
	K - 40	—	—	—	—	—	0.22±0.06
	Pb-210	0.79±0.06	0.79±0.06	0.55±0.06	0.72±0.05	1.04±0.07	0.84±0.06
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	mBq/m ³					
試料量(m ³)		1341	1337	1153	1396	1241	1193
Ge 検出器番号		3	3	3	3	3	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-17 浮遊じんの核種分析結果 (3)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		牡鹿町 (鮫浦MS)					
採取期間		2001. 3. 29	2001. 4. 27	2001. 5. 31	2001. 6. 29	2001. 7. 31	2001. 8. 30
		~2001. 4. 27	~2001. 5. 31	~2001. 6. 29	~2001. 7. 31	~2001. 8. 30	~2001. 9. 28
採取月		4月分	5月分	6月分	7月分	8月分	9月分
試料番号		01AE0006*	01AE0021*	01AE0034*	01AE0067*	01AE0073*	01AE0099*
放射能	Be- 7	2.9±0.1	1.98±0.07	0.98±0.06	1.1±0.1	1.09±0.05	1.28±0.08
	K - 40	—	—	—	—	—	—
	Pb-210	0.67±0.06	0.45±0.05	0.33±0.05	0.28±0.05	0.17±0.04	0.42±0.06
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	mBq/m ³					
試料量(m ³)		1190	1214	1318	1330	1257	1200
Ge 検出器番号		3	3	3	3	2	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-18 浮遊じんの核種分析結果(4)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		牡鹿町(鮫浦MS)					
採取期間		2001. 9. 28 ~2001. 10. 30	2001. 10. 30 ~2001. 120010	2001. 120010 ~2001. 12. 27	2001. 12. 27 ~2002. 1. 29	2002. 1. 29 ~2002. 2. 28	2002. 2. 28 ~2002. 3. 29
採取月		10月分	11月分	12月分	1月分	2月分	3月分
試料番号		01AE0129*	01AE0134*	01AE0139*	01AE0153*	01AE0162*	01AE0173*
放射能	Be- 7	2.30±0.09	2.27±0.08	1.85±0.08	1.68±0.08	1.91±0.08	2.57±0.09
	K- 40	—	—	0.29±0.08	—	—	—
	Pb-210	0.70±0.06	0.61±0.06	0.52±0.06	0.72±0.05	0.84±0.06	0.74±0.07
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)		1269	1248	1124	1342	1209	1163
Ge 検出器番号		3	3	3	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備 考							

表-19 浮遊じんの核種分析結果(4)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		女川町(原子力センター)					
採取方法		ハイボリュームエアサンプラー及びびガラス繊維ろ紙(Toyo GB100R)					
試料の処理方法		加圧成形プレス		加圧成形プレス		加圧成形プレス	
採取期間		2002. 3. 22 13:20 ~2002. 3. 25 14:55 (注1)		2002. 3. 25 15:00 ~2002. 3. 28 15:00		2002. 3. 28 15:03 ~2002. 4. 1 16:57	
試料番号		01AE0166		01AE0171		02AE0001	
放射能	Be- 7	6.78±0.06	6.71±0.03	/	3.93±0.02	/	5.19±0.02
	K- 40 (注2)	/	/	/	/	/	/
	Pb-210	0.99±0.03	/	0.65±0.02	/	0.93±0.02	/
	Cs-137	—	0.0067±0.0009	—	(< 0.0014)	—	(< 0.0011)
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)		2090		4168		5658	
Ge 検出器番号		2	1	2	1	4	1
測定時間 (ライブタイム; 秒)		151600	500000	80000	500000	80000	500000
備 考			アンチコプトン・モード で測定		アンチコプトン・モード で測定		アンチコプトン・モード で測定

(注1) 2002年3月21日~23日に、北日本において黄砂が観測された。

(注2) ガラス繊維ろ紙に含まれるカリウムの影響が大きいため、K-40は対象外とした。

表-20 指標植物の核種分析結果(1)

試料名	よもぎ		
	葉		
採取地点	牡鹿町谷川	岩出山町	
採取月日	2001. 7. 18	2001. 7. 16	
試料番号	01IL0061*	01IL0057*	
放射能	Be-7	40.3±0.3	28.3±0.3
	K-40	241±0.9	297±1
	Pb-210	6.2±0.2	4.6±0.2
	Cs-137	0.047±0.012	0.061±0.013
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.84	1.69	
灰分(%)	2.45	2.68	
Ge検出器番号	3	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	
備考		対照地点	

表-21 魚介類の核種分析結果(1)

試料名	あいなめ		
	肉	内臓	
採取地点	女川原子力発電所 前面海域		
採取月日	2001. 7. 17		
試料番号	01MP0059*	01MP0060	
放射能	Be-7	—	—
	K-40	125±0.6	63.8±0.4
	Pb-210	—	2.9±0.1
	Cs-137	0.120±0.009	0.067±0.009
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	2.07	0.582	
灰分(%)	2.18	1.77	
Ge検出器番号	2	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	250000	
備考			

表-22 魚介類の核種分析結果(2)

試料名	ほ や		ほ や		あわび		
	肉	内臓	肉	内臓	肉	(注) 内臓	
採取地点	女川町小屋取		女川町塚浜		女川原子力発電所 前面海域		
採取月日	2001. 6. 5		2001. 6. 5		2001. 11. 18		
試料番号	01MP0041*	01MP0042	01MP0043*	01MP0044	01MP0114*	01MP0115	
放射能	Be-7	9.3±0.2	389±1	9.5±0.2	293±2	0.58±0.11	
	K-40	96.7±0.6	74.1±0.9	91.0±0.6	59±1	74.3±0.5	90.8±0.4
	Pb-210	2.4±0.1	10.2±0.4	1.9±0.1	4.7±0.4	0.41±0.10	4.2±0.1
	Cs-137	—	—	(0.024)	(0.082)	(0.022)	0.028±0.006
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.82	0.627	1.82	0.322	2.04	1.37	
灰分(%)	2.47	3.06	2.48	3.02	2.21	3.07	
Ge検出器番号	3	2	3	3	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	257001	
備考							

(注) あわびの内臓(01MP0115)のBe-7については、測定日が2002年11月22日と遅かったので、既に壊変してしまったと考えられ、報告対象外とした。

表-23 魚介類の核種分析結果(3)

試料名	か き				
	除 殻				
採取地点	女川町飯子浜	女川町竹浦	女川町出島	気仙沼市階上	
採取月日	2001. 10. 9	2001. 10. 9	2001. 11. 8	2001. 10. 12	
試料番号	01MP0095*	01MP0096*	01MP0116*	01MP0100*	
放射能	Be-7	2.1±0.2	1.7±0.2	1.8±0.1	1.8±0.2
	K-40	75.2±0.5	79.9±0.6	69.3±0.5	82.3±0.5
	Pb-210	3.0±0.1	4.2±0.2	2.9±0.1	2.3±0.1
	Cs-137	(0.023)	—	0.034±0.008	0.025±0.007
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.72	1.29	1.86	1.80	
灰分(%)	2.60	3.10	2.42	2.50	
Ge検出器番号	2	3	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考				対照地点	

表-24 海藻の核種分析結果

試料名		わかめ	
		除根	
採取地点		女川町 小屋取	女川町 シウリ崎
採取月日		2001. 5. 17	2001. 5. 17
試料番号		01MP0015*	01MP016*
放射能	Be-7	0.54±0.16	—
	K-40	160±0.9	185±1
	Pb-210	—	—
	Cs-137	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.16	1.14
灰分(%)		3.89	3.94
Ge検出器番号		2	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000
備考			

表-25 海水の核種分析結果(1)

試料名		海水			
		表層水			
採取地点		女川原子力発電所 放水口付近	鮫浦湾		気仙沼湾
採取月日		2001. 5. 30	2001. 11. 12	2001. 5. 8	2001. 11. 2001
試料番号		01SW0022*	01SW0119*	01SW0012*	01SW0121*
放射能	Cs-137	1.8±0.5	2.3±0.5	1.6±0.5	(1.3)
	単位	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l
試料量(l)		20.0	20.0	20.0	20.0
Ge検出器番号		3	3	2	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					対照地点

表-26 海底土の核種分析結果(1)

試料名	海底土					
	表層土					
採取地点	女川原子力発電所 放水口付近		鮫浦湾		気仙沼湾	
採取月日	2001. 5. 30	2001. 11. 12	2001. 5. 8	2001. 11. 2001	2001. 10. 11	
試料番号	01SS0023*	01SS0120*	01SS0013*	01SS0122*	01SS0102*	
放射能	Be-7	—	—	—	—	
	K-40	500±7	499±7	499±7	553±8	326±6
	Pb-212	14.0±0.4	14.7±0.5	19.2±0.5	21.0±0.6	12.7±0.5
	Pb-214	1.7±0.6	3.2±0.6	5.8±0.6	5.2±0.8	7.8±0.5
	Cs-137	(0.48)	—	1.5±0.2	2.3±0.3	(0.56)
単位	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	Bq/kg乾土	
試料量(g乾土)	130	118	102	94.0	92.6	
Ge検出器番号	3	3	2	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考					対照地点	

表-27 指標海産物の核種分析結果(1)

試料名	あらめ						
	除根						
採取地点	女川町シウリ崎				女川町小屋取		
採取月日	2001. 5. 17	2001. 9. 17	2001. 11. 9	2002. 2. 25	2001. 5. 17	2001. 9. 17	
試料番号	01IS0019*	01IS0084*	01IS0145*	01IS0157*	01IS0017*	01IS0085*	
放射能	Be-7	—	(0.53)	(0.86)	—	—	
	K-40	375±2	267±1	391±2	411±2	294±1	270±1
	Pb-210	—	—	—	—	—	—
	Cs-137	—	(0.054)	0.072±0.021	—	—	0.11±0.02
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	0.97	1.03	0.863	0.932	1.08	1.10	
灰分(%)	4.63	4.38	5.22	4.84	4.19	4.10	
Ge検出器番号	2	3	2	2	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

表-28 指標海産物の核種分析結果(2)

試料名		あらめ					
		除根					
採取地点		女川町小屋取		女川原子力発電所 東防波堤			
採取月日		2001.11.9	2002.2.25	2001.5.17	2001.9.19	2001.11.9	2002.2.25
試料番号		01IS0118*	01IS0159*	01IS0018*	01IS0087*	01IS0117*	01IS0158*
放射能	Be-7	1.1±0.3	—	(0.73)	1.5±0.2	1.1±0.3	—
	K-40	397±2	359±1	314±1	305±1	398±2	400±2
	Pb-210	—	—	—	—	—	—
	Cs-137	0.089±0.022	0.062±0.019	—	0.077±0.017	(0.067)	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		0.902	1.00	1.01	0.974	0.872	0.976
灰分(%)		4.99	4.50	4.47	4.62	5.16	4.61
Ge検出器番号		3	3	3	3	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-29 指標海産物の核種分析結果(5)

試料名		むらさきいがい			
		除殻			
採取地点		女川町小屋取			
採取月日		2001.4.15	2001.6.5	2001.9.17	2002.2.25
試料番号		01IS0004*	01IS0045*	01IS0086*	01IS0160*
放射能	Be-7	4.0±0.2	6.4±0.1	2.43±0.09	1.7±0.1
	K-40	94.6±0.6	98.9±0.6	74.1±0.4	80.7±0.6
	Pb-210	2.9±0.1	6.3±0.2	3.4±0.1	4.5±0.2
	Cs-137	(0.023)	(0.024)	—	(0.026)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.66	1.84	2.35	1.50
灰分(%)		2.70	2.45	1.92	2.77
Ge検出器番号		2	2	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					(注)

(2) ^{90}Sr 分析結果

表-30 Sr-90の分析結果

試料名	部位	採取地点	採取年月日	Sr-90 濃度		Ca濃度 (g/kg生)	Sr単位 (Bq/g・Ca)	試料番号
				測定値	単位			
米	精米	谷川	13. 11. 15	—	Bq/kg生	0. 11	—	01VG0123
よもぎ	葉	谷川	13. 7. 18	0. 333±0. 007	Bq/kg生	1. 9	0. 177±0. 004	01IL0061
よもぎ	葉	岩出山 (対象地点)	13. 7. 16	0. 77±0. 01	Bq/kg生	1. 6	0. 481±0. 006	01IL0057
あいなめ	肉	前面海域	13. 7. 17	—	Bq/kg生	3. 7	—	01MP0059
かき	除殻	飯子浜	13. 10. 9	—	Bq/kg生	0. 50	—	01MP0095
かき	除殻	気仙沼	13. 10. 12	—	Bq/kg生	0. 40	—	01MP0100
ほや	肉	小屋取	13. 6. 5	—	Bq/kg生	0. 27	—	01MP0041
わかめ	除根	シウリ崎	13. 5. 17	—	Bq/kg生	1. 1	—	01MP0016
あらめ	除根	シウリ崎	13. 9. 17	—	Bq/kg生	2. 1	—	01IS0084
あらめ	除根	シウリ崎	14. 2. 25	—	Bq/kg生	1. 4	—	01IS0157

(3) ^3H 分析結果

表-31 H-3の分析結果

試料名		採取地点	採取年月日	H-3 濃度	
				測定値	単位
陸水	水道原水	野々浜	13. 7. 18	—	mBq/l
			14. 1. 8	980±160	
		寄磯	13. 7. 18	—	
			14. 1. 8	2300±170	
		飯子浜	13. 12. 3	620±120	
海水	表層水	放水口付近	13. 5. 30	—	
			13. 11. 12	—	
		気仙沼湾	13. 10. 11	—	

(4) 文部科学省委託調査結果

表一32 ゲルマニウム半導体検出器による核種分析結果 (総括表)

検出器：オルテック社製純Ge
波高分析機：セイコーEG&G社製 MCA7700

試料名	採取場所	採取年月	検体数	¹³⁷ Cs			⁴⁰ K			その他の核種	単位
				最低値	最高値	過去の値	最低値	最高値	過去の値		
降水	宮城県原子力センター	H.13.4~H.14.3月	12	ND	0.077	ND ~ 0.135	0.97	2.5	ND ~ 5.5	MBq/km ²	
陸水	宮城県保健環境センター	H.13.7, 10月	2	ND	ND	ND ~ 0.252	21	23	18 ~ 36.7	mBq/ℓ	
土壌	宮城県 岩出山町	H.13.9月	1	5.4	5.4	4.6 ~ 6.9	240	240	180 ~ 245	Bq/kg 乾土	
				210	210	175 ~ 225	9500	9500	6790 ~ 9663	MBq/km ²	
精米	宮城県 岩出山町	H.13.9月	1	2.5	2.5	0.80 ~ 3.9	240	240	202 ~ 254	Bq/kg 乾土	
				420	420	138 ~ 694	40000	40000	34420 ~ 44804	MBq/km ²	
野菜	宮城県 石巻市	H.13.11月	1	ND	ND	ND ~ 0.077	23	23	24 ~ 37.4	Bq/kg 精米	
				ND	ND	ND ~ 0.11	85	85	36.3 ~ 108	Bq/kg 生	
牛乳	宮城県 利府町	H.13.5月	1	ND	ND	ND ~ 0.029	280	280	122 ~ 270	Bq/kg 生	
				ND	ND	ND ~ 0.047	46	51	44.3 ~ 63.1	Bq/ℓ	
日常食	宮城県 利府町	H.13.5, 9月	2	ND	ND	ND ~ 0.062	44	45	41.1 ~ 59.1	Bq/ℓ	
				0.029	0.036	0.024 ~ 0.073	71	88	45.1 ~ 79	Bq/人・日	
海産生物	宮城県 石巻市	H.13.7, 11月	2	0.036	0.045	ND ~ 0.148	84	120	48 ~ 90	Bq/人・日	
				0.072	0.072	ND ~ 0.197	100	100	72 ~ 143	Bq/kg 生	

(注) これらのデータは、文部科学省からの環境放射能水準調査の委託により得られた成果の一部である。

表-33 降下物のゲルマニウム半導体検出装置を用いた核種分析調査結果報告

ゲルマニウム半導体検出器	ORTEC GMX-45200
遮蔽体	150 または 120 mm厚
分解能	FWHM = 1.88 または 1.96 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	51.1 または 55.5 %
測定容器	U8容器

大型水盤	直径80cm、深さ40cm
材質厚さ	ステンレス、3mm
受水面積	5005cm ²

試料番号	採取期間 年月日～年月日	採取日数	採取場所	緯度 度分秒	経度 度分秒	降水量 (mm)	採取量 (L)	供試量 (L)	備考
01Fe0008	2001/03/28:2001/05/01	35	原子力センター屋上	38:26:46	141:26:59	4.5	22.0	22.0	
01Fe0038	2001/05/01:2001/05/31	31	"	38:26:46	141:26:59	66.0	38.6	38.6	
01Fe0053	2001/05/31:2001/07/02	33	"	38:26:46	141:26:59	136.0	47.5	47.5	
01Fe0068	2001/07/02:2001/08/01	31	"	38:26:46	141:26:59	82.5	40.2	40.2	
01Fe0076	2001/08/01:2001/09/03	34	"	38:26:46	141:26:59	131.0	51.0	51.0	
01Fe0092	2001/09/03:2001/10/01	29	"	38:26:46	141:26:59	78.0	56.2	56.2	
01Fe0104	2001/10/01:2001/11/01	32	"	38:26:46	141:26:59	122.5	59.9	59.9	
01Fe0135	2001/11/01:2001/12/03	33	"	38:26:46	141:26:59	36.5	不明	全量	
01Fe0140	2001/12/03:2002/01/04	33	"	38:26:46	141:26:59	21.5	17.1	17.1	
01Fe0154	2002/01/04:2002/02/01	29	"	38:26:46	141:26:59	150.5	53.0	53.0	
01Fe0163	2002/02/01:2002/03/01	29	"	38:26:46	141:26:59	11.5	28.3	28.3	
01Fe0174	2002/03/01:2002/04/01	32	"	38:26:46	141:26:59	86.5	46.1	46.1	

試料番号	測定年月日	測定時間 (sec)	核種別放射能濃度			
			Be-7 (mBq/km ²)	K-40 (mBq/km ²)	Cs-137 (mBq/km ²)	
01Fe0008	2001/06/15	80000	28 ± 0.50	1.8 ± 0.25	N.D	
01Fe0038	2001/06/18	80000	170 ± 0.94	2.0 ± 0.25	N.D	
01Fe0053	2001/07/15	80000	170 ± 1.0	1.2 ± 0.22	N.D	
01Fe0068	2001/10/04	80000	73 ± 0.82	0.73 ± 0.16	N.D	
01Fe0076	2001/10/06	80000	100 ± 0.82	N.D	N.D	
01Fe0092	2001/11/30	80000	85 ± 0.89	N.D	N.D	
01Fe0104	2001/12/02	80000	130 ± 0.89	1.4 ± 0.22	N.D	
01Fe0135	2001/12/31	80000	60 ± 0.61	1.5 ± 0.24	N.D	
01Fe0140	2002/02/26	80000	39 ± 0.61	1.1 ± 0.22	N.D	
01Fe0154	2002/02/28	80000	210 ± 1.1	1.9 ± 0.24	N.D	
01Fe0163	2002/03/30	80000	34 ± 0.46	0.97 ± 0.22	N.D	
01Fe0174	2002/04/27	80000	200 ± 1.1	2.5 ± 0.28	0.077 ± 0.019	

計数値がその計数誤差の3倍を下回るものについては「N.D」としている。

表-38 食品中のゲルマニウム半導体検出装置を用いた核種分析調査結果報告(3)

ゲルマニウム半導体検出器	ORTEC GMX-45200
遮蔽体	150 または 120 mm厚
分解能	FWHM = 1.90 または 1.96 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	51.1 または 55.5 %
測定容器	マリネリビーカー

試料番号	試料名	種類	採取年月日	採取場所	検出度 度分秒	総検出度 度分秒	測定試料 形態	供試量 (L)	備考
01M10014	牛乳	原乳	2001/05/15	宮城県玉造郡岩出山町 宮城県畜産試験場	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10046	牛乳	原乳	2001/06/14	"	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10058	牛乳	原乳	2001/07/16	"	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10071	牛乳	原乳	2001/08/08	"	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10081	牛乳	原乳	2001/09/12	"	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10103	牛乳	原乳	2001/10/17	"	38:36:57	140:53:06	生	2	
01M10037	牛乳	市販乳	2001/05/31	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1	38:19:40	140:59:06	生	2	
01M10079	牛乳	市販乳	2001/09/03	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1	38:19:40	140:59:06	生	2	

試料番号	測定年月日	測定時間 (sec)	核種別放射能濃度			
			Be-7 (Bq/L)	K-40 (Bq/L)	I-131 (Bq/L)	Cs-137 (Bq/L)
01M10014	2001/05/15	80000	N.D	48 ± 0.58	N.D	N.D
01M10046	2001/06/14	80000	N.D	46 ± 0.57	N.D	N.D
01M10058	2001/07/16	80000	N.D	48 ± 0.59	N.D	N.D
01M10071	2001/08/08	80000	N.D	49 ± 0.59	N.D	N.D
01M10081	2001/09/12	80000	N.D	47 ± 0.57	N.D	N.D
01M10103	2001/10/17	80000	N.D	51 ± 0.63	N.D	0.047 ± 0.015
01M10037	2001/06/01	80000	N.D	45 ± 0.56	N.D	N.D
01M10079	2001/09/04	80000	N.D	44 ± 0.55	N.D	N.D

計数値がその計数誤差の3倍を下回るものについては「N.D」としている。

宮城県原子力センター年報 第 19 卷 2001年

平成 15 年 2 月 1 日 発行

発行者 宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7
宮城県原子力センター
TEL (0225) 54-3322

印刷所 石巻市田道町一丁目 6-18
株式会社 有 隣 社
