

# 宮城県原子力センター年報

第 20 卷

平成 14 年

ANNUAL REPORT

OF

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY  
RESEARCH INSTITUTE OF MIYAGI

VOL. 20 (2002)

宮城県原子力センター

## は じ め に

この度、平成14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を第20巻として発刊しましたので、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、女川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を行っており、高度なデータ解析や迅速かつ正確な情報提供によって地域の安全の確認に努めてまいりました。

平成14年度には、当センターの隣接地に開設された宮城県原子力防災対策センターを使用した初めての原子力防災訓練を行うなど、その緊急時拠点施設としての業務を開始しました。

また、人工放射線の影響の尺度となる指標線量率を活用した評価方法について検討し、平成15年4月から、環境放射線の新しい評価方式「環境放射線総合評価システム」として運用を開始しました。

昨今、原子力データの不正改ざん問題に端を発した一連の不祥事を受け、国民の原子力に対する信頼感が大きく損なわれているなか、電気事業法・原子炉等規制法等の改正など原子力の規制体制が様変わりするとともに、情報公開の透明化など県民の安全、安心に向けた取り組みの一層の推進が求められています。

われわれ環境放射線を監視する者も、正確で精度の高い測定データを迅速に県民に提供していく必要があります、真摯な気持ちで取り組んでいく所存です。

本年報は、環境放射能等の測定や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、ご助言をいただきました関係各位にお礼申し上げます。

平成15年12月

宮城県原子力センター

所長 高橋正弘

# 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. 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 (2)	5
石川陽一、木立 博、伊藤節男、佐々木俊行、 楢崎幸範、田上四郎、鈴木利孝	
2. 放射性物質の広域的拡散に関する基礎的解析 (1)	
-環境ガンマ線線量率に影響を与える天然放射性核種の発生源と 移動経路のバックトラジェクトリー解析-	10
木立 博、石川陽一、佐々木俊行	
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 (2)	18
木立 博、今野達矢、石川陽一、佐々木俊行	
III 技術報告	
液体シンチレーション測定に関するいくつかの検討	33
伊藤節男	
IV 学会発表等の要旨	
1. 学会発表	39
2. 誌上発表	41
V 資 料	
1. 環境試料の安定元素分析結果 (ICP法)	43
石川陽一	
2. 宮城県における環境放射能核種分析結果	48
(1) Ge半導体検出器による分析結果	51
(2) $^{90}\text{Sr}$ 分析結果	64
(3) $^3\text{H}$ 分析結果	65
(4) 文部科学省委託調査結果	66

# C o n t e n t s

## Preface

### I Outline of Environmental Radioactivity Research Institute of Miyagi.

1

## II Papers

#### 1. Influences of the Asian Continent Aerosols in Measuring the Radioactivity of Fallout samples (2).

5

*Yoichi Ishikawa, Hiroshi Kidachi, Setsuo Ito, Toshiyuki Sasaki,  
Yukinori Narazaki, Siro Tagami and Toshitaka Suzukii*

#### 2. Fundamental Analysis of Diffusion of the Radionuclides in the Atmonphere (1) -A backward-trajectory analysis of the source of natural radionuclides which affect environmental gamma-ray dose-rate -

10

*Hiroshi Kidachi, Yoichi Ishikawa and Toshiyuki Sasaki*

#### 3. Some Investigations on Measurement of the Aritificial Gamma-Ray Dose Rate Using a Response Matrix Method (2).

18

*Hiroshi Kidachi, Tatsuya Kon-no, Yoichi Ishikawa and Toshiyuki Sasaki*

## III Technical Papers

#### Some Investigations on Measurment of Liquid Scintilation.

33

*Setsuo Ito*

## IV Abstracts

#### 1. Conferences

39

#### 2. Papers

41

## V Data

#### 1. Results of Stable Element Analysis by ICP method.

43

*Yoichi Ishikawa*

#### 2. Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples.

48

##### (1) Results of Gamma-ray Spectrometry with a Ge-detector.

51

##### (2) Results of <sup>90</sup>Sr Analysis.

64

##### (3) Results of <sup>3</sup>H Analysis.

65

##### (4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture.

66

# 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 m<sup>2</sup>

建物面積: 1 階 1179.6 m<sup>2</sup>

2 階 570.6 m<sup>2</sup>

## 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15年4月1日現在)

職名(担当)		氏 名	配属年月日
所 長		高橋正弘	H 15. 4. 1
次長 (技術副参事兼次長)		佐々木俊行	H 14. 4. 1
次長 (庶務担当)		平塚修二	H 13. 4. 1
主任主査		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
	主任研究員	伊藤節男	H 13. 4. 1
	技 師	木立 博	H 11. 4. 1
	技 師	面川和信	H 15. 4. 1

5 主要設備・機器 (重要物品)

監視・測定用	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-6400AC	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	熱蛍光線量測定装置	松下電器、UD-512P	1台	H.5	TLD読取用
6	熱蛍光線量計測定装置	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・ガスローカウンタ	アロカ、LBC-4202	1台	H.15	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	アロカ-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 (入出力インバータ・充電蓄電池)	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	ガン線ホータブルスペクトロメータ	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液体闪烁カウンタ	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、テリカ、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）一統-

	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
広報・展示用	1 宇宙線飛跡観測展示装置	応用光研工業(株)	1台	H.8	スパークチェンバー
	2 多岐用途情報コーナー	コセキ(株)、UNIH1	1式	H.3	
	3 広報展示室「原子力情報コーナー」	(株)乃村工業社、TH36HDI他	1式	H.3	
	4 展示用パネル「安全対策」	(株)乃村工業社	1式	H.3	ガラスバックパネル一式
	5 展示用パネル「原子力って何だろう」	(株)乃村工業社	1式	H.3	ガラスバックパネル一式
	6 放射線と放射能	(株)乃村工業社	1式	H.3	ガラスバックパネル及びモニター
	7 ハイビジョンシステム	コセキ(株)、TH-HDI300CA	1式	H.3	
	8 多岐用途ディスプレイ	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	日本タイムシエス(株)	1式	H.5	パネルモニター他
	11 探検放射線測定地点ジオラマ	(株)博報堂、H750~900	1台	S.55	
	12 広報展示用モニター・ガラスバックパネル	(株)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 自家用ディージェル発電装置	日立製作所 BDE-180E	1台	H.13	

## II 研究論文



## 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

### (第2報)

石川陽一、木立 博、伊藤節男、佐々木俊行、  
楢崎幸範<sup>1</sup>、田上四郎<sup>1</sup>、鈴木利孝<sup>2</sup>

2000年以降の春期を中心として、降下物試料などにアジア大陸からのエアロゾル(黄砂)にともなうと推定される<sup>137</sup>Csが検出されている。その起源及び発生メカニズムの解明のため、東北地方を横断する形で降下物を採取し、また宮城県と福岡県で大気浮遊じんも採取して<sup>137</sup>Csを測定した。その結果、日本海側地域で<sup>137</sup>Cs降下量が高めの傾向が見られ、大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs濃度は大陸起源エアロゾル飛来時に高い値を示した。

## I はじめに

降下物(雨水・ちり)は大気圏から地表への放射性物質の降下量を最もよく反映する試料である。宮城県では1981年から開始した環境放射能モニタリングにおいて、これまでに、1980年に大気圏で行われた第26回中国核実験や1986年の旧・ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故起因の<sup>137</sup>Csが検出された<sup>1)</sup>。1997年春期以降の降下物には<sup>137</sup>Csがほとんど検出されなくなったが、これはおそらく成層圏からの寄与<sup>2)</sup>が無視できるくらいに少なくなったためと考えられる。しかし、前報<sup>1)</sup>に記したように、2000年春期からわずかではあるが再び<sup>137</sup>Csが検出されるようになった。環境モニタリングの観点からは、常に環境中に存在する人工放射性核種の起源と動態を明らかにしておく必要がある。

これまでの知見によると、他の道府県の測定結果との比較からは太平洋側よりも日本海側の地域の方が月間<sup>137</sup>Cs降下量が多いこと、また黄砂が観測された2002年3月に宮城県で採取した大気浮遊じん中にバックグラウンド・レベルよりも高い値の<sup>137</sup>Csが検出されたことなどから、大陸起源エアロゾル(以後、上原<sup>3)</sup>にならって「黄砂」という)の影響が強く示唆された<sup>1), 4), 5)</sup>。

本研究では降下物中に検出される<sup>137</sup>Csと黄砂との関連を更に調べるため、広域的な降下物調査と大気浮遊じんの調査を行ったので、それらの結果について報告する。

## II 方法

2002年7月から、宮城県の女川町から山形県の酒田市にかけて、東北地方を東西に横断する形で4地点にタンクを設置して降下物(雨水・ちり)を採取した(1地点当たりの採取面積約0.35m<sup>2</sup>)。図1に降下物の採取地点を示す。表1には測定結果とともに採取期間等を示すが、黄砂の影響の少な

1 福岡県保健環境研究所、2 山形大学理学部

い時期(7~12月)と多い時期(1~6月)に分けて採取した。黄砂影響の強い時期には更に採取間隔を短くし、1ヶ月ないし2ヶ月毎とした。

2002年3月から、宮城県(女川町内、宮城県原子力センター構内)と福岡県(太宰府市内、福岡県保健環境研究所構内)において同時期に数日間隔でハイボリューム・エアサンプラーを用いて大気浮遊じんを採取した。

試料の処理方法は前報<sup>1)</sup>と同様で、降下物は蒸発乾固、浮遊じんはプレス成形してGe半導体検出器用試料とした。

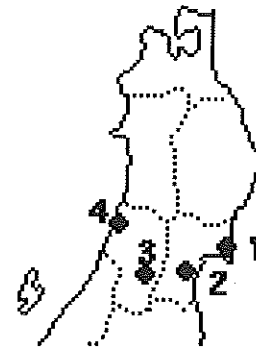


図1 宮城県と山形県における降下物採取地点

- 1 女川町(宮城県)、2 仙台市(宮城県)  
3 山形市(山形県)、4 酒田市(山形県)

表1 宮城県と山形県における降下物の採取期間等の各種データ及び放射能測定結果

		2002年7-12月	2003年1-2月	2003年3月	2003年4月	2003年5-6月
採取期間 (日数)	1 女川町(宮城県)	02/7/5-12/27 (175日)	02/12/27-03/3/10 (73日)	03/3/10-03/3/31 (21日)	03/3/31-03/5/15 (45日)	03/5/15-03/7/4 (50日)
	2 仙台市(宮城県)	02/7/1-12/27 (179日)	02/12/27-03/3/10 (73日)	03/3/10-03/3/31 (21日)	03/3/31-03/5/15 (45日)	03/5/15-03/7/4 (50日)
	3 山形市(山形県)	02/7/9-03/1/9 (184日)	03/1/9-03/3/6 (56日)	03/3/6-03/4/4 (29日)	03/4/4-03/5/14 (40日)	03/5/14-03/7/4 (51日)
	4 酒田市(山形県)	02/7/8-03/1/8 (184日)	03/1/8-03/3/5 (56日)	03/3/5-03/4/3 (29日)	03/4/3-03/5/13 (40日)	03/5/13-03/7/3 (51日)
採取容器の 開口部面積 (m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	0.332	0.538	0.332	0.538	0.332
	2 仙台市(宮城県)	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332
	3 山形市(山形県)	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346
	4 酒田市(山形県)	0.346	0.346	0.346	0.346	0.346
期間当たり <sup>137</sup> Cs降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	0.043 ± 0.007*	0.028 ± 0.004	0.014 ± 0.005	0.043 ± 0.005	0.023 ± 0.007
	2 仙台市(宮城県)	0.039 ± 0.007	0.018 ± 0.005	ND (<0.013)**	0.032 ± 0.007	ND (<0.016)
	3 山形市(山形県)	0.052 ± 0.005	0.019 ± 0.006	ND (<0.014)	0.031 ± 0.006	0.017 ± 0.006
	4 酒田市(山形県)	0.12 ± 0.028	0.041 ± 0.008	0.032 (<0.0004)	0.062 ± 0.006	0.023 ± 0.006
30日間当たり <sup>137</sup> Cs降下量 (mBq/m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	7.4 ± 1.2	11.5 ± 1.6	20.0 ± 7.1	28.7 ± 3.3	13.8 ± 4.2
	2 仙台市(宮城県)	6.5 ± 1.2	7.4 ± 2.1	ND	21.3 ± 4.7	ND
	3 山形市(山形県)	8.5 ± 0.8	10.2 ± 3.2	ND	23.3 ± 4.5	ND
	4 酒田市(山形県)	20.2 ± 4.6	22.0 ± 4.3	33.1 ± 4.1	46.5 ± 4.5	13.5 ± 3.5
期間当たり <sup>210</sup> Pb降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	71.9 ± 0.7	67.4 ± 0.5	13.5 ± 0.3	30.6 ± 0.1	30.0 ± 0.4
	2 仙台市(宮城県)	64.4 ± 0.6	42.5 ± 0.5	6.4 ± 0.3	19.7 ± 0.2	30.0 ± 0.4
	3 山形市(山形県)	92.8 ± 0.7	30.4 ± 0.4	14.1 ± 0.3	15.4 ± 1.0	13.1 ± 0.1
	4 酒田市(山形県)	274 ± 1	138.0 ± 0.3	54.4 ± 0.6	26.1 ± 0.4	20.1 ± 0.3
期間当たり <sup>40</sup> K降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	6.8 ± 0.5	3.4 ± 0.1	1.1 ± 0.1	3.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
	2 仙台市(宮城県)	22.5 ± 0.7	1.6 ± 0.1	1.1 ± 0.3	3.2 ± 0.1	2.3 ± 0.1
	3 山形市(山形県)	3 ± 0.1	1.2 ± 0.3	ND (<0.9)	0.89 ± 0.12	1.1 ± 0.1
	4 酒田市(山形県)	17.6 ± 0.6	8.0 ± 0.2	2.0 ± 0.1	3.2 ± 0.1	3.9 ± 0.1
期間当たり 降水量 (mm)	1 女川町(宮城県)	661.5	278.0	7.0	111.5	160.5
	2 仙台市(宮城県)	741.5	212.5	4.0	82.5	167.5
	3 山形市(山形県)	771.5	141.5	64.5	85.0	128.5
	4 酒田市(山形県)	1323.0	262.0	43.5	176.5	108.0
期間当たり 蒸発残査量 (g/m <sup>2</sup> )	1 女川町(宮城県)	20.7	9.5	4.8	7.4	5.2
	2 仙台市(宮城県)	22.8	6.9	2.9	6.9	5.6
	3 山形市(山形県)	9.8	3.5	2.3	3.6	4.0
	4 酒田市(山形県)	54.1	21.7	6.6	8.7	11.7

\* 誤差: 計数誤差(1σ)

\*\* NDは未検出を、またカッコ内は検出下限値を示す。

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 降下物

表1は2002年7月以降の宮城県と山形県における4地点の降下物の測定結果を示す。地点毎に<sup>137</sup>Cs降下量、天然放射性核種の<sup>210</sup>Pbと<sup>40</sup>Kの降下量、降水量、及び試料の蒸発残渣量を示した。<sup>137</sup>Csについては採取期間の単位面積(1m<sup>2</sup>)当たりの降下量のほか、採取期間の長さの違いを補正するため、採取期間30日当りに換算した降下量も示した。降水量については、仙台市、山形市並びに酒田市では気象台のデータを、また女川町では当センターから数百m離れた位置にあるモニタリング・ステーション(女川局)における値を示した。

図2は表1の結果のうちの<sup>137</sup>Csの値を地点間で比較したものである。(a)は採取期間当たりの放射能を、また(b)は30日間当たりの放射能を示す。図2(a)によると、期間内の降下量は、他の地点に比較して酒田市では常に高めの傾向を示した。図2(b)では採取期間30日間当りに換算されているので採取時期による違いを比較することができ、いずれの地点でも2003年の3月から4月にかけて高めの傾向を示した。北西季節風が卓越するこの時期には、特に日本海側の地域では大陸からの大気汚染物質等の影響を受けやすいことが知られている<sup>6)</sup>。2003年には我が国では顕著な黄砂現象は観測されていないが、中国大陸では砂塵嵐は発生していると考えられ<sup>3)</sup>、<sup>137</sup>Csを含む土壌粒子が巻き上げられて我が国に到達し、降水とともに地表に落下したものと推定される。

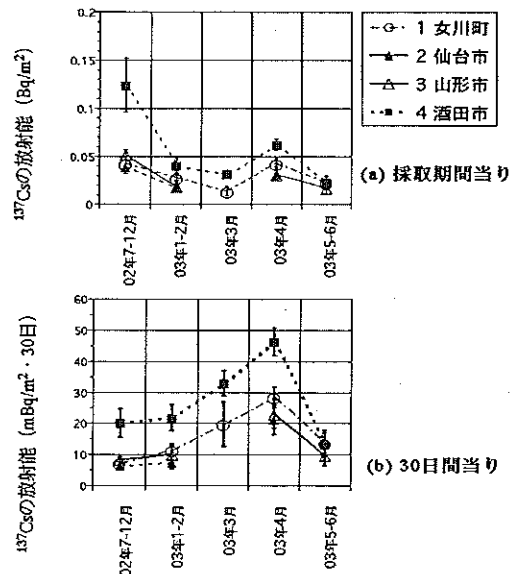


図2 宮城県と山形県における採取期間ごとの<sup>137</sup>Cs降下量(a)及び30日間当りに換算した<sup>137</sup>Cs降下量(b)

#### 2 大気浮遊じん

表2は宮城県における2002年4月の大気浮遊じん中<sup>137</sup>Cs濃度を示す。データの継続性をみるため、

表2 宮城県における2002年3月と4月の大気浮遊じん中<sup>137</sup>Cs濃度

試料採取期間	<sup>137</sup> Cs (μBq/m <sup>3</sup> · 空気)	仙台管区気象台での黄砂観測日
2002年3月22日以前	(試料未採取)	3月18日
2002年3月22日～25日	6.7±0.9 *	3月22日
2002年3月25日～28日	ND (<1.4) **	
2002年3月28日～4月1日	ND (<1.1)	
2002年4月1日～4日	ND (<2.3)	
2002年4月4日～8日	ND (<1.0)	
2002年4月8日～11日	6.9±1.1	4月10日～11日
2002年4月11日～15日	6.1±0.9	
2002年4月15日～18日	ND (<2.2)	
2002年4月18日～22日	2.9±0.6	
2002年4月22日～25日	ND (<3.2)	
2002年4月25日～5月2日	ND (<1.4)	

\* 測定値の誤差は放射能測定時の計数誤差(1σ)を表す。

\*\* ND : 検出下限値未満 (カッコ内は検出下限値)

前報<sup>1)</sup>で報告した3月分のデータも示した。表には仙台管区気象台における黄砂観測日も示した。4月10～11日には顕著な黄砂が観測されたが、この時期を含む期間に採取された試料から<sup>137</sup>Csが検出された。最大値は4月8～11日の試料から検出され、その値は約7 μBq/m<sup>3</sup> (空気)であった。引き続き4月11～15日の試料にも同程度の値の<sup>137</sup>Csが検出された。これらの値は通常の大気中の<sup>137</sup>Csのバックグラウンド値<sup>7)</sup>( $\approx 1 \mu\text{Bq/m}^3$ )よりも顕著に高かった。

図3は、大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs濃度を広域的に比較するため、表2に示した宮城県における値とともに、同時期の福岡県における値も示したものである。気象庁が観測した黄砂観測日も同時に示した。宮城県と福岡県の両方の地域で黄砂観測期間もしくはその前後の時期に<sup>137</sup>Csが検出されたことは、この<sup>137</sup>Csが広域的な現象によって大陸からのエアロゾルとともに我が国に飛来したことを強く示唆している。福岡県では3月22日に最大値約100 μBq/m<sup>3</sup>を示した。表2によると、この時期の3月22～25日における宮城県の試料では約7 μBq/m<sup>3</sup>であった。宮城県の値が福岡県の値よりも低い理由は、黄砂の影響のない日も採取期間に含んでしまったために期間が長くなり、<sup>137</sup>Csの値が平均化されて低くなったためと考えられる。

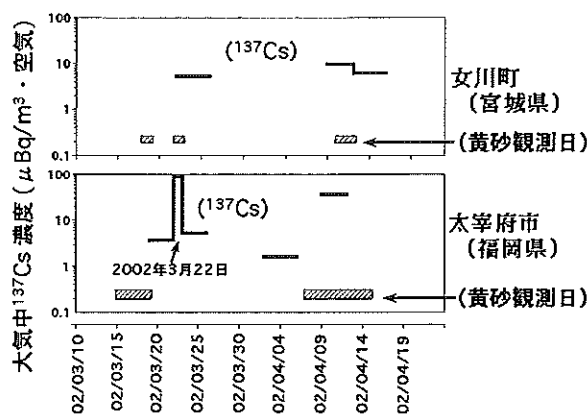


図3 黄砂観測時における宮城県と福岡県の  
大気中<sup>137</sup>Cs濃度の変動

#### IV まとめ

降下物中に検出される<sup>137</sup>Csと大陸起源エアロゾル(黄砂)との関連を調べるために広域的な降下物調査と大気浮遊じんの調査を行うことにより、下記の結果が得られた。

- (1) 東北地方の宮城県と山形県で<sup>137</sup>Csの降下量を測定して比較したところ、他の地点に比べて日本海に面した酒田市では<sup>137</sup>Cs降下量が高めの傾向を示した。
- (2) 2002年3月と4月には、ほかの時期と比べて<sup>137</sup>Cs降下量が多い傾向がみられた。
- (3) 宮城県と福岡県において2002年3月と4月に大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs濃度を測定したところ、黄砂飛来時には通常よりも高い値を示した。
- (4) 上記の(1)～(3)の結果から、2000年以降の降下物中に<sup>137</sup>Csが検出される主な原因として、黄砂との関連性が強く示唆された。

今後、黄砂の影響の強い時期をとらえて更にこれらの現象の確認を行うとともに、大陸における<sup>137</sup>Csを含んだエアロゾル発生メカニズムなどについて検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 石川陽一 (ほか)、宮城県原子力センター年報、第19巻、p.10-18 (2001)。
- 2) K. Hirose, M. Aoyama, Y. Katsuragi, Y. Sugimura, J. Meteorol. Soc. Japan, 65, 259-

277 (1987).

- 3) 上原浩之, 気象, 45・5, 17202-17203 (2001).
- 4) 石川陽一ほか, 日本保健物理学会第35回研究発表会, 仙台市 (2001年5月).
- 5) 石川陽一 ほか, 第46回放射化学討論会要旨集, 札幌市 (2002年9月).
- 6) 花房龍男、気象の大百科 (二宮浩三 ほか共編)、オーム社、東京、372-415 (1997).
- 7) Y. Igarashi, et al., Applied Radiation and Isotopes, 50, 1063-1073 (1999).

## 放射性物質の広域的拡散に関する基礎的解析 (第1報)

—環境ガンマ線線量率に影響を与える天然放射性核種の発生源と  
移動経路のバックトラジェクトリー解析—

木立博、石川陽一、佐々木俊行

降水に伴う空間ガンマ線線量率上昇の原因を調べるために、自動測定局で測定したデータ (1999年度～2001年度) を用いて、空間ガンマ線線量率の変動の程度と降水量の多少により5つのパターンに分類し、この5つのパターンから複数の事例を選び、バックトラジェクトリー解析を行った。その結果、降水量が少ないにもかかわらず空間ガンマ線線量率上昇が大きかった事例ではラドン発生源はおもに朝鮮半島から中国北東部であり、一方、降水量が多く空間ガンマ線線量率上昇が小さかった事例では海洋性気団に強く影響されていることなどが推定された。

### I はじめに

宮城県原子力センターでは、女川原子力発電所周辺 (牡鹿半島周辺) に設置した自動測定局で環境放射線 (空間ガンマ線線量率) の監視を行っている。空間ガンマ線線量率は通常ほぼ一定の値を示しているが、気象の影響により空間ガンマ線線量率の値はしばしば上昇する。空間ガンマ線線量率を上昇させる気象現象はおもに降水であり、平常値に対して数十nGy/hの上昇がみられる。線量率上昇の原因は地中から発生する天然放射性核種のラドン ( $^{222}\text{Rn}$ ) 娘核種であると考えられる。ラドンは半減期3.8日で壊変し、更にガンマ線放出核種である $^{214}\text{Pb}$ や $^{214}\text{Bi}$ 等の娘核種を生成する。ラドン娘核種はエアロゾルに付着するなどして大気中を浮遊しているが、降水にともなう雨滴と共に地表に落下し、地表付近の空間ガンマ線線量率を上昇させると考えられる<sup>1)</sup>。

空間ガンマ線線量率上昇の程度は降水ごとに異なっており、必ずしも降水量に比例して線量率が上昇するとは限らない。少ない降水量でも線量率上昇が大きい場合があり、逆に降水量が多くても線量率があまり上昇しない場合もある。これは降水による線量率の上昇は雨水中のラドン娘核種濃度に影響されるため、当センターの雨水中ラドン娘核種濃度の測定結果から、概してラドン娘核種濃度が高ければ線量率もそれだけ上昇することが示されている<sup>2)</sup>。雨水中のラドン娘核種濃度の違いは、降水をもたらす気団の違いに依存すると考えられる<sup>1) 3) 4)</sup>。すなわち、大陸性気団は大陸起源のラドンを多量に含有しており、ラドン娘核種濃度の高い降水をもたらすが、一方で、海洋ではラドン発生量が少ないため、海洋性気団はラドン娘核種濃度の低い降水をもたらすことが推測される。以上のことから、降水による空間ガンマ線線量率の上昇の原因を考えるに当たっては、降水をもたらした気団の経路と、降水中のラドン及び娘核種の発生源を調査することが重要である。

そこで本研究では、空間ガンマ線測定データ及び日本周辺における広域的な気象状況を解析して特徴的な事例を選別し、バックトラジェクトリー解析を行うことにより、ラドンの発生源とその移動経路を推定した。

### II 方法

#### 1 自動測定局の測定データの解析

当センターは牡鹿半島周辺の環境放射線を監視するために7局の自動測定局を設置している。これらの自動測定局で測定した空間ガンマ線線量率の変動と降水量の多少を解析し、特徴的な事例についてパターン分類した。空間ガンマ線線量率は電離箱式検出器 (アロカ製、Arガス封入加圧型、

有効容積141)、降水量は雨雪量計(小笠原測器製RS-222)及び感雨雪計(小笠原測器製NS-100)により、1999年度から2001年度に測定したデータを用いた。空間ガンマ線線量率上昇の程度は、線量率の値の他、降水による線量率上昇の積算値(降水増分、単位;nGy)や単位降水量あたりの空間ガンマ線線量の上昇分(降水増加率、単位 nGy/mm)によって評価した。選別した各事例については地上天気図、高層天気図を用いて気象状況を解析した。

## 2 バックトラジェクトリー解析

自動測定局の測定データの解析により分類した事例のうち27事例について、宮城県女川町を起点としてバックトラジェクトリー解析を行った。

バックトラジェクトリー解析は、過去の気流データを参照しながら対象地域に飛来した粒子の移動経路をたどる解析手法である。三次元の気流データを時間的にさかのぼって移流計算を行う。個々の粒子の移動は以下の式により求められる。

$$\left. \begin{aligned} x_{t-1} &= x_t - u \Delta t \\ y_{t-1} &= y_t - v \Delta t \\ z_{t-1} &= z_t - w \Delta t \end{aligned} \right\}$$

x、y、z; 粒子の位置、u、v; 水平風速ベクトル (m/s)、  
w; 鉛直風速ベクトル (m/s)、 $\Delta t$ ; タイムステップ

この解析では上式の鉛直風速ベクトルは0 m/sとして高度別の水平方向の解析を行った。解析の諸条件を表1に示す。地形データはGTOP30、気流データは表2に示す気象庁GSM-GPVを用いた。粒子の放出時刻は空間ガンマ線線量率のピーク時又は特徴的な変動を示した時刻とし、3日間さかのぼって解析した。

表1 バックトラジェクトリー解析の設定条件

項目	設定条件
格子間隔(水平)	55 km
放出高度	200~1000 m までの9高度(100 m 間隔)
タイムステップ	180 秒
対象領域	図1で示す範囲

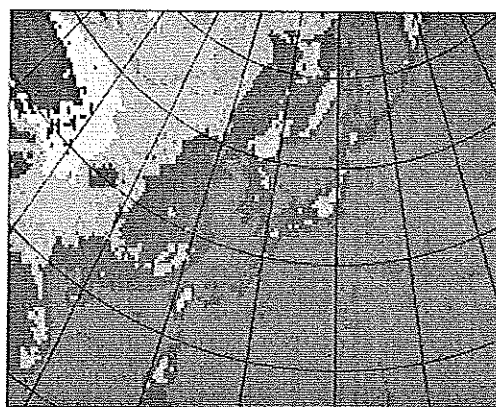


図1 本解析の対象領域

表2 気象庁GSM-GPVの概要

項目	内容	
初期時刻	00UTC、12UTC (日本時間9時、21時)	
予報時刻	51時間(地上; 1時間間隔、気圧面; 3時間間隔)	
領域	北緯20~50度、東経120~150度	
格子系	等緯度経度(地上; 0.2x0.25度格子、気圧面; 0.4x0.5度格子)	
物理量	地上	海面更正気圧、水平風、気温、相対湿度、時間降水量、数値予報雲量
	気圧面	ジオポテンシャル高度、水平風、気温、相対湿度、上昇流

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 自動測定局データの解析結果

降水時の空間ガンマ線線量率の変動は降水状況により違いがみられ、表3に示すように便宜上5つのパターンに分類した。

表3 降水状況と線量率変動の関係

	降水量	線量率上昇	解析事例数
パターン1 (少降水量高線量率上昇型)	少ない	高い	126
パターン2 (多降水量低線量率上昇型)	多い	低い	19
パターン3 (長時間降水型)	長時間継続	変動 (低～高)	39
パターン4 (降雪型)	降雪あり	高い	5
パターン5 (台風・熱帯低気圧通過型)	多い (台風、熱帯低気圧の接近)	低い	4

#### ①パターン1 (少降水量高線量率上昇型)

パターン1は降水量が比較的少なく、ガンマ線線量率上昇が大きい事例である。雨水中のラドン娘核種の含有量が多く、単位降水量あたりのガンマ線線量率上昇が大きくなると考えられる。大陸性気団の影響の強い降水があった場合に線量率のこのような変動を示すと考えられる。このパターンの例を図2に示す。1999年6月17日の日中に降水があり、女川町に設置している自動観測局(女川局)では、電離箱検出器による線量率が約20 nGy/h上昇した。6月17日の日間降水量は13.5 mmであり、降水増分は50.4 nGy、降水増加率は3.7 nGy/mmであった。この日の午前9時の地上天気図を図3に示す。梅雨前線が中国大陸から日本列島にかけて存在しており、宮城県牡鹿半島付近は前線の北側の気団に入っていた。牡鹿半島付近において、大気下層は北西寄りの風、中層から上層は南寄りの風となっていた。

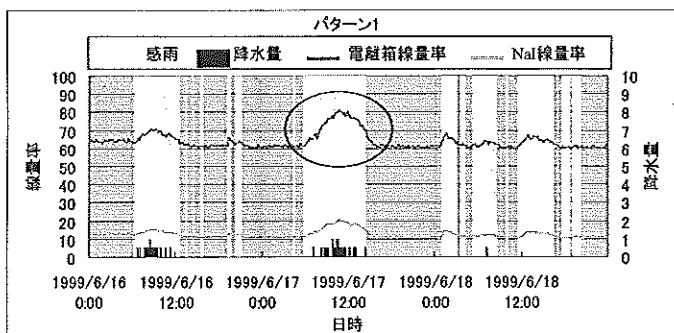


図2 1999年6月17日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動

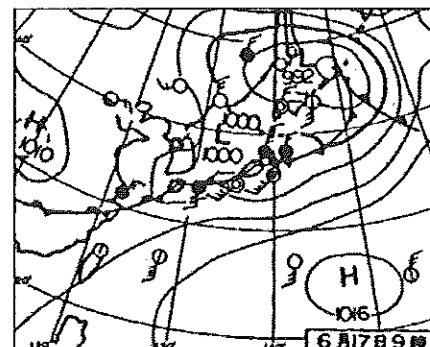


図3 1999年6月17日の地上天気図

#### ②パターン2 (多降水量低線量率上昇型)

パターン2は降水量が多く線量率があまり上昇しない事例である。降水増加率が低いことから、雨水に含まれるラドン娘核種は少く、海洋性気団による降雨と考えられる。このパターンの例を図4に示す。2000年9月11日夕方に、降水量が多くなっているが線量率はほとんど上昇していない。この日の女川局における降水量は34.5 mmであった。降水増分は9.0 nGy、降水



増加率は0.3 nGy/mmであった。9月11日の地上天気図を図5に示すが、停滞前線が東北地方北部に停滞しており、台風14号が沖縄付近を北上中である。両者に関連する海洋性気団の流入で本州各地では大雨となった。

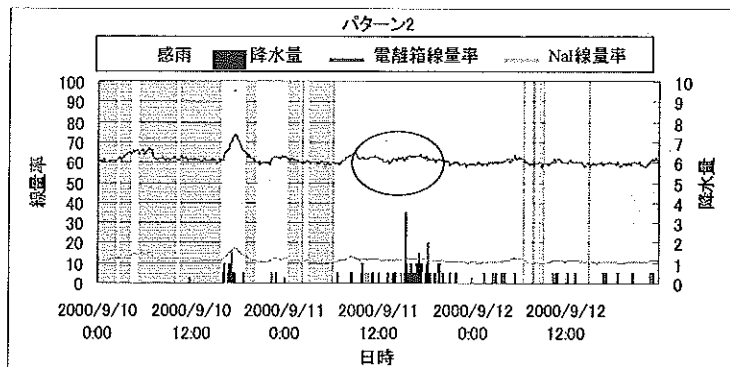


図4 2000年9月11日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動

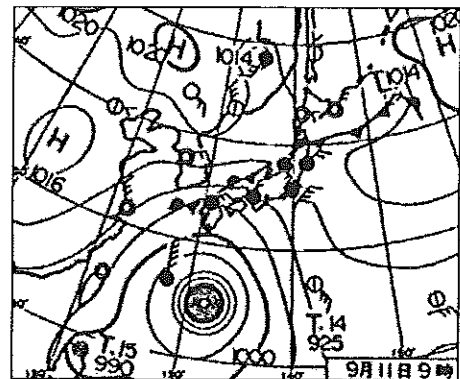


図5 2000年9月11日の地上天気図

### ③パターン3 (長時間降水型)

パターン3は比較的長時間降水が継続し、線量率上昇は時間とともに変動する事例である。このパターンの例を図6に示す。1999年9月14日の降水量は39.0mm、降水増分は38.6 nGy、降水増加率は1.0 nGy/mmであった。翌9月15日の降水量は115.0mm、降水増分は60.2 nGy、降水増加率は0.5 nGy/mmであった。この日の地上天気図を図7に示す。中国大陸、朝鮮半島、日本の東北地方に停滞前線があり、このため長時間の降雨となった。

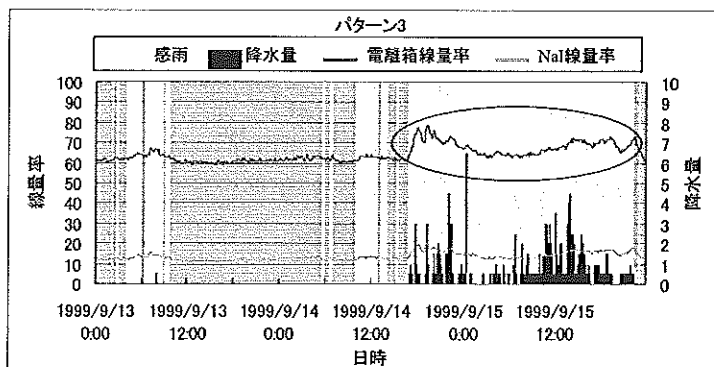


図6 1999年9月14日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動

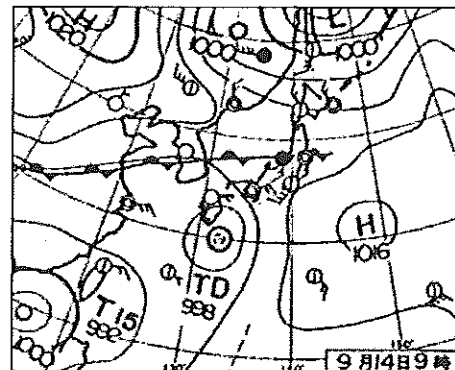


図7 1999年9月14日の地上天気図

### ④パターン4 (降雪型)

パターン4は降雪にともなって線量率が上昇した事例である。このパターンの例を図8に示す。2002年1月9日は降雪に伴って線量率が大きく上昇し、女川局での測定値は過去の最大値に次ぐ値を示した(99.5 nGy/h)。この日の降水量は5.5mm、降水増分は71.4 nGyであり、降水増加率は14.3 nGy/mmと高い値を示した。図9にこの日の地上天気図を示すが、前線を伴った低気圧が東進して宮城県では降雪があった。

### ⑤パターン5 (台風・熱帯低気圧通過型)

パターン5は夏季から秋季にかけて台風又は熱帯低気圧が日本付近を通過し、多量の降水があった事例である。単位降水量あたりの線量率上昇はパターン2(低線量率上昇型)と同様に小さい。

このパターンの例を図10に示す。1999年8月15日は深夜から午前の間降水が続き、この日の降水量は77.0mmであった。降水増分は18.4 nGyであり、降水増加率は0.2 nGy/mmと低かった。図11に前日の地上天気図を示すが、熱帯低気圧が東シナ海から関東地方、日本海へとゆっくりと移動し、女川付近は熱帯低気圧の東側に位置するため、南東寄りの風が卓越していた。

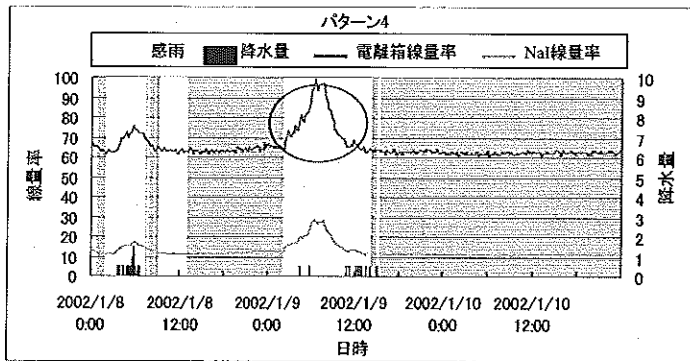


図8 2002年1月9日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動

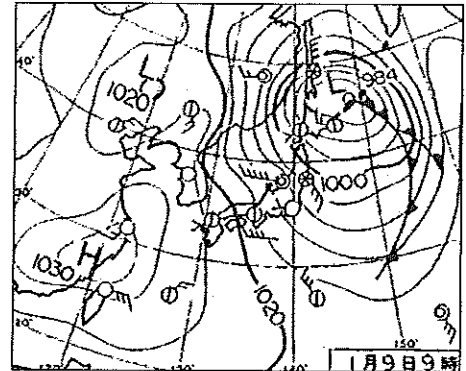


図9 2002年1月9日の地上天気図

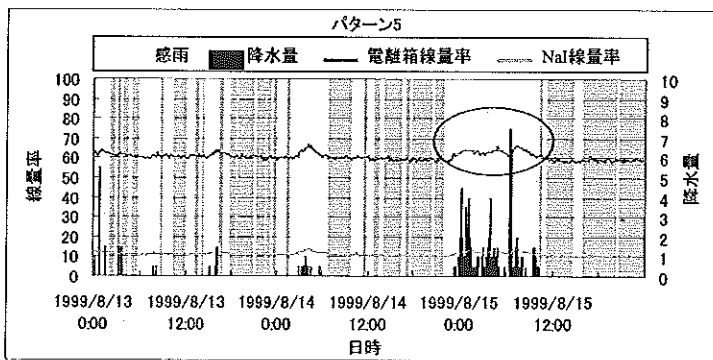


図10 1999年8月15日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動

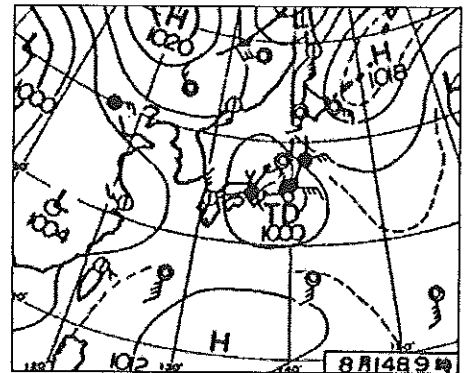


図11 1999年8月14日の地上天気図

## 2 バックトラジェクトリー解析結果

### (1) パターン1の解析結果 (高線量率上昇型)

パターン1に分類した事例の中で、9事例についてバックトラジェクトリー解析を行った。9事例中、6事例が朝鮮半島、中国北東部周辺に流跡線が到達しており、これらの地域がラドン発生源と推定される。図12に解析結果の一例(1999年6月17日の事例)を示す。粒子放出開始時刻は6月17日11時とした。この事例では放出高度500mまでは朝鮮半島に、それ以上の放出高度では中国北東部に流跡線が到達している。朝鮮半島または中国北東部で発生した大量のラドンが大陸性気団により輸送され、降水により空間ガンマ線線量率の大きな上昇をもたらしたと考えられる。

### (2) パターン2の解析結果 (低線量率上昇型)

パターン2については6事例のバックトラジェクトリー解析を行った。6事例中、5事例が太平洋へ流跡線が到達していた。図13に2000年9月11日の事例の解析結果を示す。粒子放出開始時刻は9月11日18時とした。海洋ではラドンの発生量が陸地比べて極めて少ないため、海洋性気団が輸送するラドン及び娘核種量も少ないと考えられる。海洋性気団の流入により、降水時

の空間ガンマ線線量率上昇が小さかったものと考えられる。

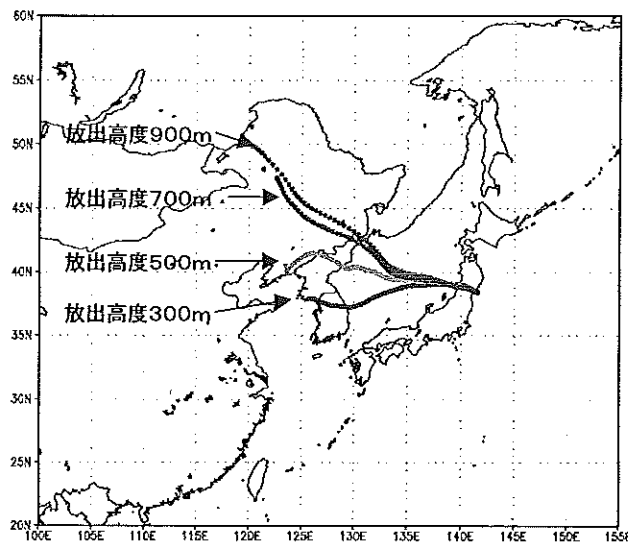


図12 パターン1（1999年6月17日）のバックトラジェクトリー解析結果

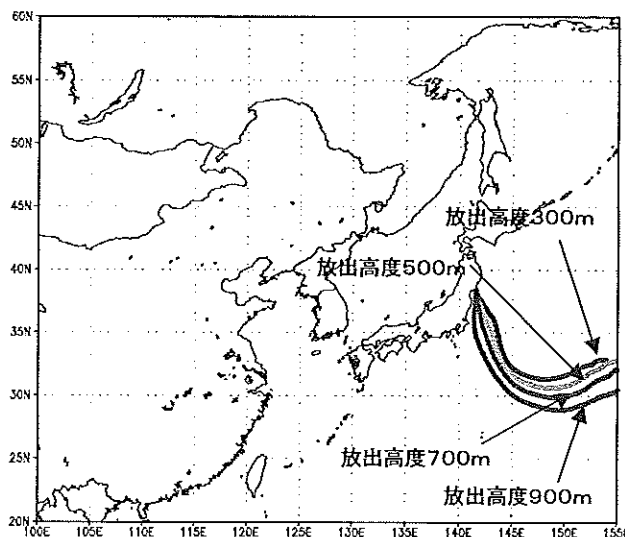


図13 パターン2（2000年9月11日）のバックトラジェクトリー解析結果

### （3）パターン3の解析結果（長時間降水型）

パターン3の解析では5事例のバックトラジェクトリー解析を行った。その結果、4事例はパターン1と同様に流跡線が中国北東部、朝鮮半島方面へ到達しており、ラドンの発生源はこれらの地域であると推定される。しかし、流跡線は一度日本の東側の太平洋上を通過した後に宮城県付近に到達しており、海洋性気団の影響も考えられ、更に調査が必要と考えられる。これに対して説明の容易な事例もみられ、その結果を図14に示す。放出開始時刻は9月14日18時とした。流跡線は、放出高度700m以下では日本の本州に沿って通過し、放出高度900mでは太平洋上を通過しており、日本の陸地で発生したラドンと娘核種が輸送されて宮城県付近に到達したと考えられる。

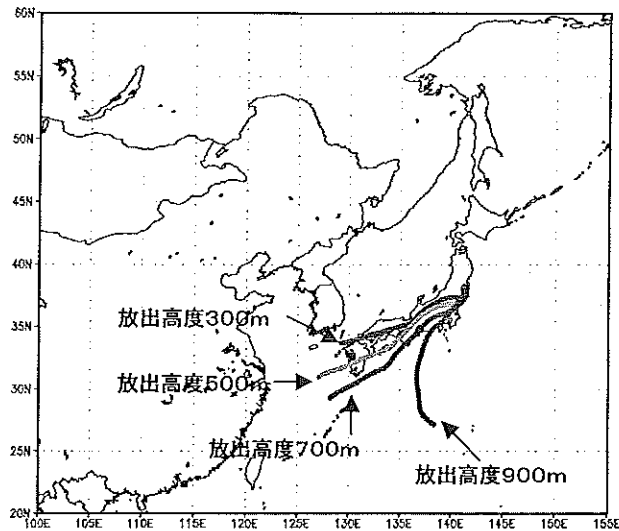


図14 パターン3（1999年9月14日）のバックトラジェクトリー解析結果

（4）パターン4（降雪型）の解析結果

パターン4については5事例のバックトラジェクトリー解析を行った。流跡線は2事例が中国北東部、1事例はロシア極東部、1事例は朝鮮半島及び中国長江下流域へ到達しており、これらの地域がラドン発生源と推定される。図15に2002年1月9日の事例の解析結果を示す。粒子放出開始時刻は1月9日9時とした。この事例はパターン1と類似し、ラドン含有量の多い大陸性気団が流入したことにより空間ガンマ線線量率が大きく上昇したと考えられる。

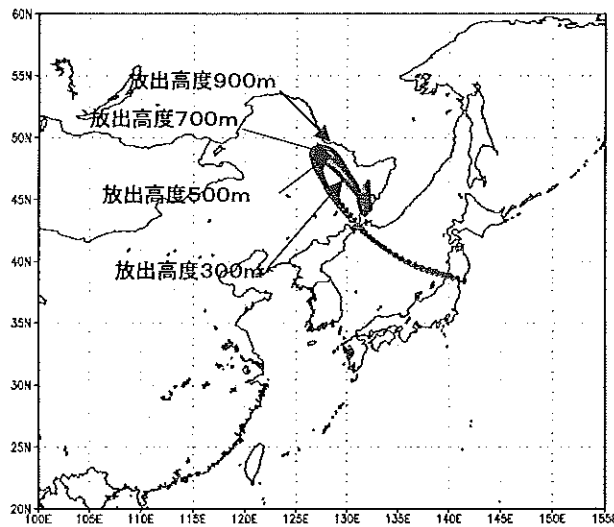


図15 パターン4（2002年1月9日）のバックトラジェクトリー解析結果

（5）パターン5（台風・熱帯低気圧通過型）の解析結果

パターン5については3事例の解析を行った。いずれの事例も流跡線は太平洋上に到達していた。このパターンはパターン2と同様に、ラドン及び娘核種の含有量の少ない海洋性気団が台風又は熱帯低気圧の影響によって宮城県付近へ流入し、降水をもたらしたものと考えられる。図16に1999年8月15日の事例の解析結果を示す。粒子放出時刻は8月15日6時とした。

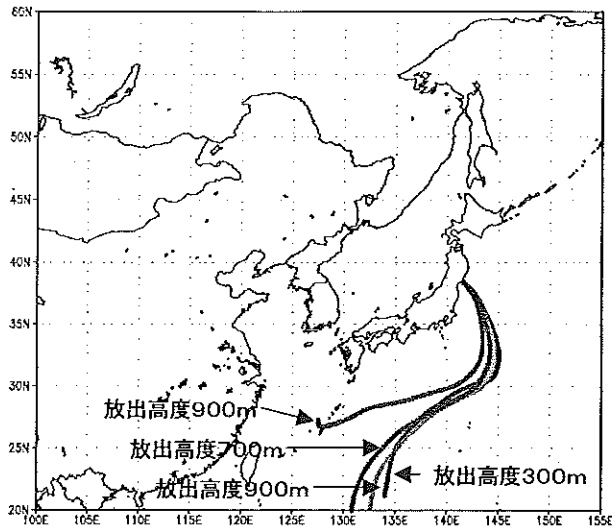


図16 パターン5（1999年8月15日）の  
バックトラジェクトリー解析結果

#### IV まとめ

自動測定局で測定した空間ガンマ線線量率及び降水量、感雨データを用いてバックトラジェクトリー解析を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 自動測定局で測定した空間ガンマ線線量率の上昇程度及び降水量の多少を解析して5つのパターンに分類した。
- (2) 分類した5つのパターンから特徴的な事例を選び、ラドンの発生源及び移動経路を推定するためにバックトラジェクトリー解析を行ったところ、以下のような結果が得られた。
  - ①降水量が少なく、線量率上昇が大きい事例（降雪による線量率上昇の事例も含む）では、中国北東部、朝鮮半島等で発生したラドン及び娘核種が大陸性の気団によって輸送されたと考えられる。
  - ②降水量が多く、線量率上昇が小さい事例（台風又は熱帯低気圧の通過による事例も含む）では海洋性気団によりラドン及び娘核種が輸送されたと考えられる。
  - ③長時間の降水による線量率変動の事例では、おもにパターン1と同様にラドン発生源が中国北東部又は朝鮮半島と考えられる事例が多かった。この他の事例では、日本の陸地から発生したラドンが停滞前線と台風による暖湿気団に降水をもたらし、ラドンの発生源は日本の陸地と推測された。

なお、本研究は平成14年度環境放射能基本情報管理業務によって行った。

#### V 参考文献

- 1) 岡部茂, 大気中のラドン族と環境放射能, p.1-16(1990)
- 2) 今野達矢ほか, 宮城県原子力センター年報, 第17巻, p.15-32(1998)
- 3) 榎野光永ほか, 宮城県原子力センター年報, 第13巻, p.15-20(1994)
- 4) 吉岡勝廣, 大気中のラドン族と環境放射能Ⅲ, p.97-99(1995)

## 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(第2報)

木立博、今野達矢<sup>1</sup>、石川陽一、佐々木俊行

空間ガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス処理して得られる人工放射線寄与線量率(指標線量率)の特性について、2001年度に引続いて検討を行った。人工ガンマ線源を用いた照射によりエネルギー特性の確認試験を行った。低線量率域での指標線量率特性について試験を行った結果、約2 nGy/h以上での人工ガンマ線照射に対して良好な直線関係が認められた。1999年から2001年の指標線量率のデータを解析し、平常時の指標線量率の変動パターンを分類することによって、変動要因を検討した。

### I はじめに

宮城県原子力センターでは、女川原子力発電所周辺の環境放射線を監視するために発電所周辺に設置した自動測定局(モニタリングステーション、以下、「MS」と略す)において、空間ガンマ線線量率を連続測定している。空間ガンマ線線量率は降雨等の気象現象の影響を受けて、その値が平常の変動幅を超えて上昇することがしばしば観測されるため、当センターでは、降雨に影響されない人工放射線寄与線量率(剰余線量率又は指標線量率\*)も併せて監視している。指標線量率とは、空間ガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス法<sup>1)</sup>で処理して得られる線量率から、天然放射性核種起因の推定バックグラウンド線量率を差し引いて得られる値である。この方法は、人工放射線によるわずかな線量率上昇を捉えることができるため<sup>2) 3)</sup>、環境放射線監視に有効な手法であると考えられる。これまでは、指標線量率の時系列的な変動に着目することによって人工放射線を検出するという定性的活用を行ってきた。環境放射線監視における情報の透明化や迅速な対応を考慮した場合、指標線量率を定量的に扱うことが必要であることから、2001年度から指標線量率の精度を調査するために人工ガンマ線源を用いた照射試験及び長期データの解析を行ってきた。その結果、①線量率特性、エネルギー特性及び方向特性は良好であること、②人工核種からのガンマ線により空間ガンマ線線量率が1~2 nGy/h程度上昇した場合、人工核種寄与分の検出が可能であること、③年間のデータは平均値が0 nGy/h近傍、標準偏差は0.2から0.5程度であり、降雨の影響を受けたガンマ線線量率そのものの変動と比較して極めて変動が少なく、安定であることがわかった<sup>4)</sup>。

本報告では、別の核種を用いた低エネルギー領域でのエネルギー特性についての試験、及び低線量率域で人工ガンマ線を定量的に検出できる範囲を明らかにするための照射試験を行った。また、過去の指標線量率のデータは人工ガンマ線の影響のない平常時にもわずかな変動を示していることから、この変動をパターン分類することによって、その変動要因を検討したので報告する。

1 現、宮城県環境生活部原子力安全対策室。

\* 2001年度まで「剰余線量率」としていたが、2002年度からは「指標線量率」と名称を変更した。

## II 方法

指標線量率は、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全線量率（RM 線量率）から、天然放射性核種起因のガンマ線による推定バックグラウンド線量率（BG）を差し引いて得られる人工放射線寄与分の線量率である<sup>4)</sup>。指標線量率について下記の検討を行った。

### 1 指標線量率の精度を確認するための照射試験

照射試験は小屋取 MS 局（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 2 π 鉛遮蔽付き）によって行い、ガンマ線線量率とスペクトルの 10 分値を収集した。降水量データは雨雪量計（小笠原測器製 RS - 2 2 2）及び感雨雪計（小笠原測器製 NS - 1 0 0）で測定した。

#### （1）低エネルギーガンマ線照射試験

<sup>57</sup>Co（122 keV、3.7 MBq、[60.5 nGy/h at 1 m]）の密封小線源を NaI 検出器の鉛直方向上方 1 m に設置し、指標線量率の値と比較した。この照射試験は降水がなく空間ガンマ線線量率が安定している日に行った。

#### （2）低線量域での照射試験

非降水時及び降水時に<sup>137</sup>Cs（662 keV、37 kBq [2 nGy/h at 1 m] または 100 kBq [8 nGy/h at 1 m]）の密封小線源複数個を検出器上方 1～1.1 m に設置して 0.5～12.6 nGy/h の線量を照射し、算出された指標線量率の値と比較した。

### 2 指標線量率の変動のパターン分類と変動要因の検討

1999年～2001年の MS 6 局の指標線量率データの変動傾向を分析し、変動パターンの分類を行った。また、それぞれの変動パターンを生じる原因について、指標線量率の変動が顕著であったモニタリングステーション（飯子浜 MS 局）のデータを用いて解析した。

## III 結果及び考察

### 1 指標線量率の精度を確認する照射試験

#### （1）低エネルギーガンマ線照射試験

2001年度に行ったエネルギー特性を確認するための照射試験では<sup>241</sup>Am、<sup>137</sup>Cs、及び<sup>60</sup>Co の 3 種類の線源を用いた。その結果、<sup>241</sup>Am（59.5 keV）の照射値に対する応答割合が 73% とやや低い値を示していた。<sup>241</sup>Am よりややエネルギーの高い<sup>57</sup>Co による照射試験の結果、照射値に対する応答割合は 63% と低い値となり、その結果を図 1 に示す。図中には<sup>57</sup>Co による照射試験の結果のほか、昨年度行った<sup>241</sup>Am、<sup>137</sup>Cs、及び<sup>60</sup>Co による照射試験の結果も示す。<sup>241</sup>Am 及び<sup>57</sup>Co の応答割合が低かった原因として、検出器ハウジング等によるガンマ線吸収、ディスクリミネーターによる低エネルギーガンマ線成分のカット、線源の放射能値付の誤差などが考えられる。

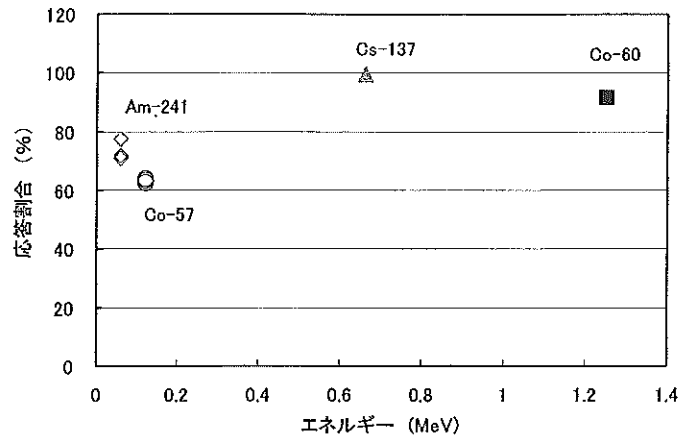


図1 指標線量率のエネルギー特性

(2) 低線量率域での照射試験

① 非降水時の照射試験

非降水時に行った<sup>137</sup>Csによる照射試験の結果を図2に示す。照射線量率は0.5～12.6 nGy/hとした。この照射範囲では良好な直線性を示し、指示値の変動範囲は照射値に対して±約1 nGy/h以内であった。図2の結果から、照射値が約2 nGy/h以上では良好な直線関係を示した。図3に0.5～2.4 nGy/hの<sup>137</sup>Csによる照射範囲での指標線量率の時系列グラフを示すが、時間的変動パターンからは約1 nGy/h以上の人工ガンマ線を検出可能であった。

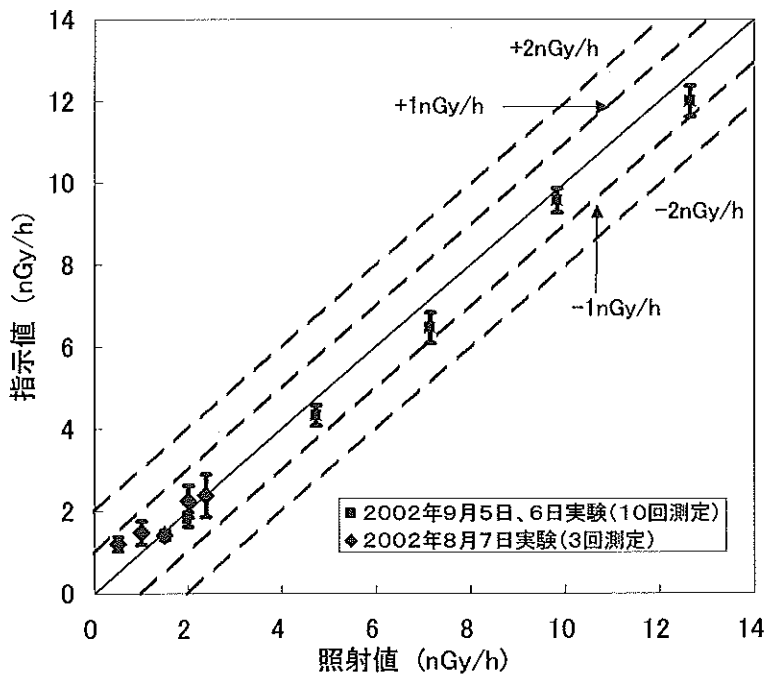


図2 非降水時の線量特性



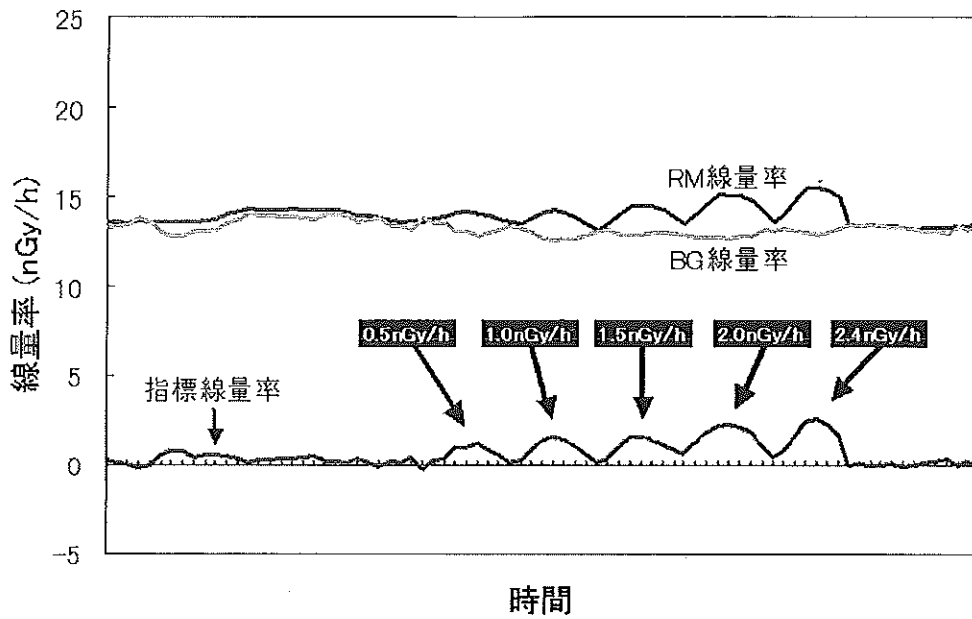


図3  $^{137}\text{Cs}$ による人工放射線照射時の指標線量率時系列図

②降水時の照射試験

降水時に2.0～12.6 nGy/hの範囲で $^{137}\text{Cs}$ の線源による照射をしたときの照射値と指標線量率の関係を図4に示す。降水時の照射による指標線量率指示値は照射値±1 nGy/hの範囲に入っており、降雨時においても人工核種の寄与線量率をほぼ正確に算出できることがわかった。

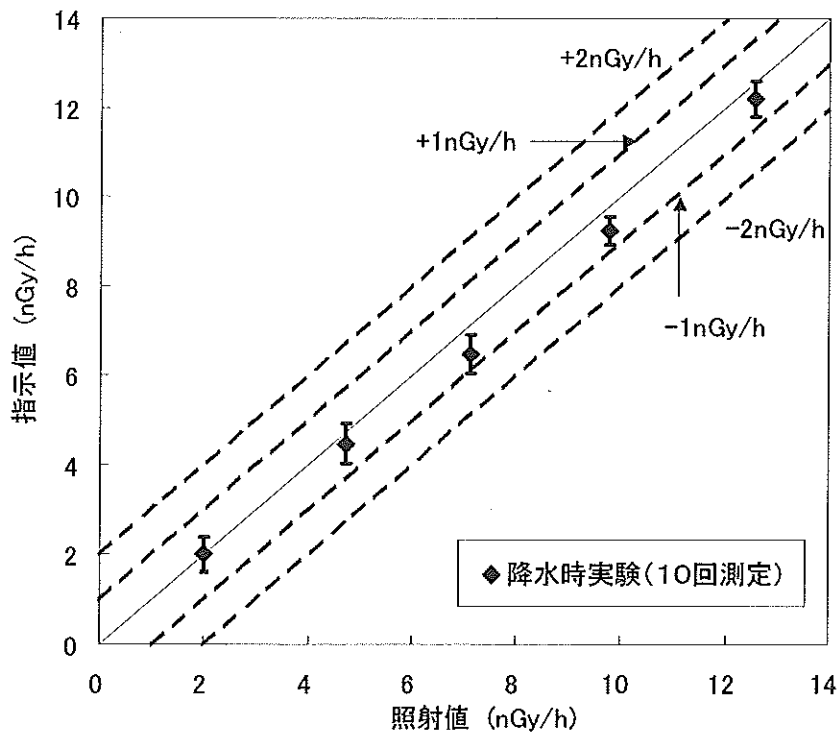


図4 降水時の照射試験結果（小屋取局MS）

## 2 指標線量率の変動のパターン分類と原因の解析

人工核種の影響がない平常時において、指標線量率の値はほぼ 0 nGy/h の値を示しているが、わずかに変動する傾向がある。2001年度の各MS局の指標線量率の統計値を表1に示す。過去3年間（1999～2001年）の指標線量率の時系列グラフについて変動傾向を調査したところ、6つのパターンに分類（パターンA～F）できることがわかった。図5に各変動パターンの模式図を示す。また、付図1及び付図2に飯子浜局及び小屋取局の1999年～2001年の指標線量率、空間ガンマ線線量率、及び降水量データの時系列グラフを示す。

表1 2001年度指標線量率統計値

局名	女川	飯子浜	小屋取	寄磯	鮫浦	谷川
平均値	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
標準偏差	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
最大値	1.5	3.6	5.0	1.8	1.8	1.8
最小値	-1.2	-1.3	-1.6	-1.4	-1.1	-1.1

単位；nGy/h

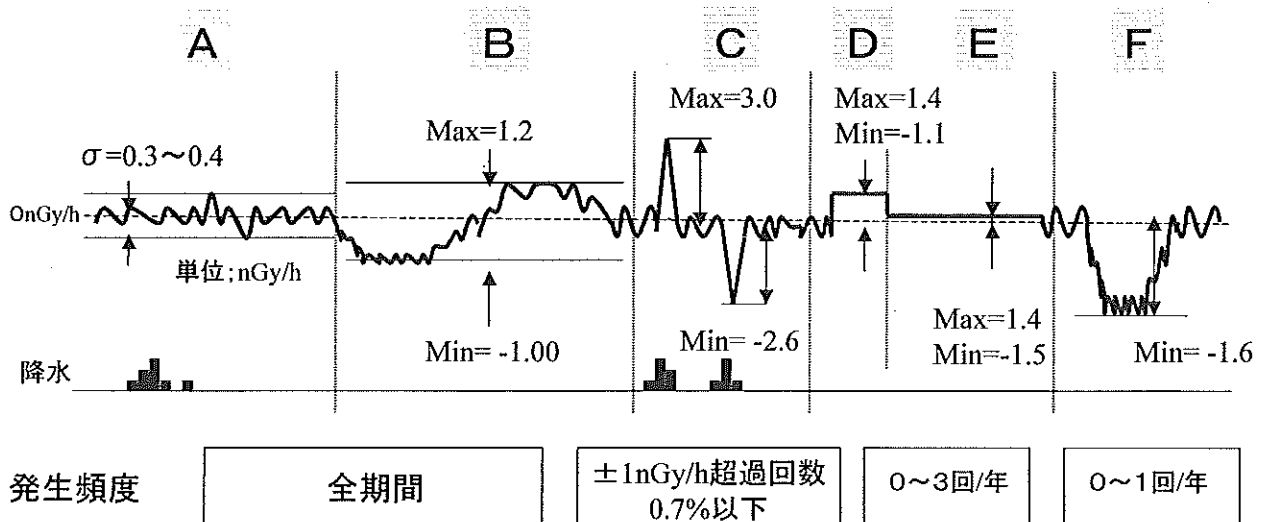


図5 指標線量率の変動パターン

これらの各パターン毎に変動の原因を調査した結果を以下に示す。

### (1) パターンA（統計変動型）

この変動は放射線計測に特有の統計的な変動である。図6に変動の例を示す。ガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス処理する過程で得られるRM線量率、U系列寄与線量率、Th系列寄与線量率、及び<sup>40</sup>K寄与線量率には統計的な変動があり、従って、これらを用いて算出する指標線量率の値もわずかな変動を示す。年間データの統計値では、平均値は0 nGy/h、標準偏差は0.3 nGy/h程度である。

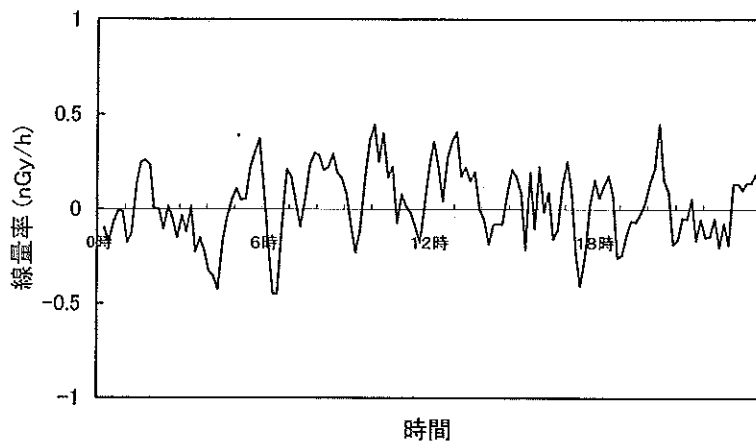


図6 パターンA (統計変動型)

(2) パターンB (キャリブレーション誤差型)

この変動は数日周期で指標線量率のベースラインが変動するものである。変動の例を図7に示す。1月3日から7日、及び1月14日から1月21日の間指標線量率の値が0.1~0.4程度で推移している。変動要因はスペクトルの1c h以内の微少なずれによるものと考えられる。

本システムでは、過去2日間の積算スペクトルを用いて天然核種ピークを検出し、その結果により測定スペクトルに対してエネルギーキャリブレーションを行っている。RM線量率、U系列、Th系列及び $^{40}\text{K}$ 寄与線量率はキャリブレーションしたスペクトルをUnfolding (スペクトルから入射フラックスへの逆演算)して成分分解することにより算出しているため、これらの微少なずれが指標線量率に誤差を生じさせたと考えられる。図8に $^{40}\text{K}$ のピークエネルギーと指標線量率の関係を示す。 $^{40}\text{K}$ のピークの変動に伴い指標線量率の値も変動している。

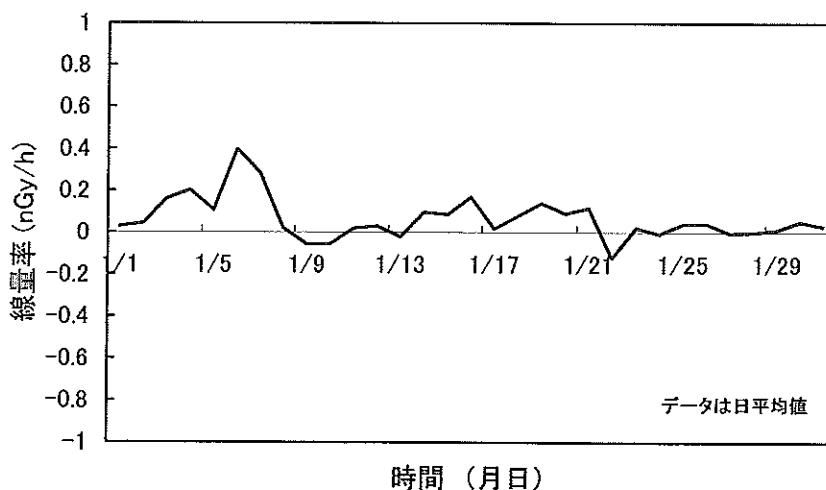


図7 パターンB (キャリブレーション誤差型)

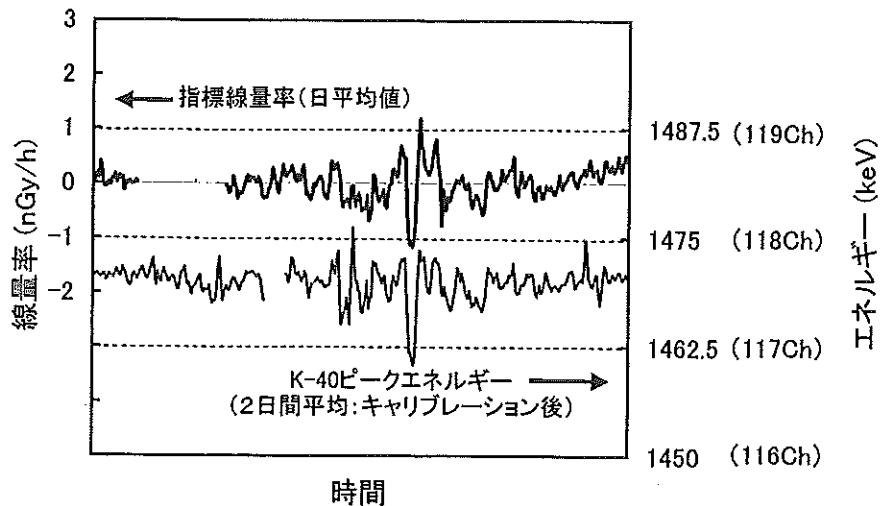


図8 ピークエネルギーと指標線量率の関係

### (3) パターンC (降水影響型)

このパターンは主に降水時に出現し、指標線量率の値は急激に上昇または下降する。1999～2001年では、変動の程度は最大値が3.0 nGy/h、最小値は-2.6 nGy/hであり、この変動によって指標線量率が1 nGy/hを超過する割合は0.7%以下であった。図9にこのパターンの変動の例を示す。変動要因はレスポンスマトリクス法の特性と偏回帰係数の影響が考えられる。

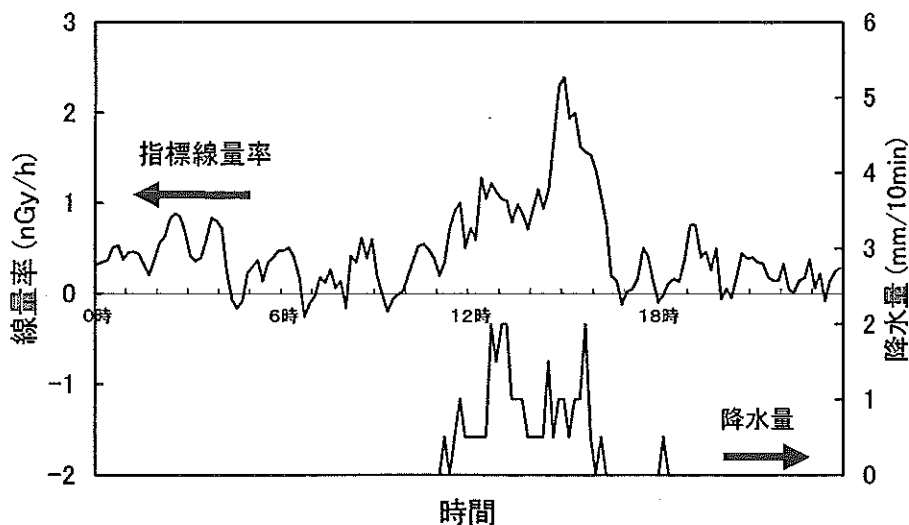


図9 パターンC (降水影響型)

#### ① レスポンスマトリクス法の特性

レスポンスマトリクス法においては、非降水時における直接線と散乱線の応答について応答行列を作成している。降水時には測定局付近の直接線と散乱線の割合が変化するため算出結果に誤差を生じると考えられる。本システムでは散乱線を含む全線量率に対するU系列、Th系列、及び $^{40}\text{K}$ からの直接線の線量率の比（全線量率/天然核種による直接線量率比）を算出している。天然核種による直接線の割合が大きくなればこの比の値は小さくなる。パターンC出現時の全線量率/天然核種による直接線量率比の変動を図10に示す。パターンC出現時に全

線量率/天然核種による直接線量率比は低くなっており、直接線の割合が高くなっていることがわかる。降水時は測定局付近の地面が雨水で覆われ、地面のU系列の核種の量が多くなる。この雨水に含まれるU系列から放出されるガンマ線は直接線の割合が高く、全線量率/天然核種による直接線量率比の値を低下させていると考えられる。

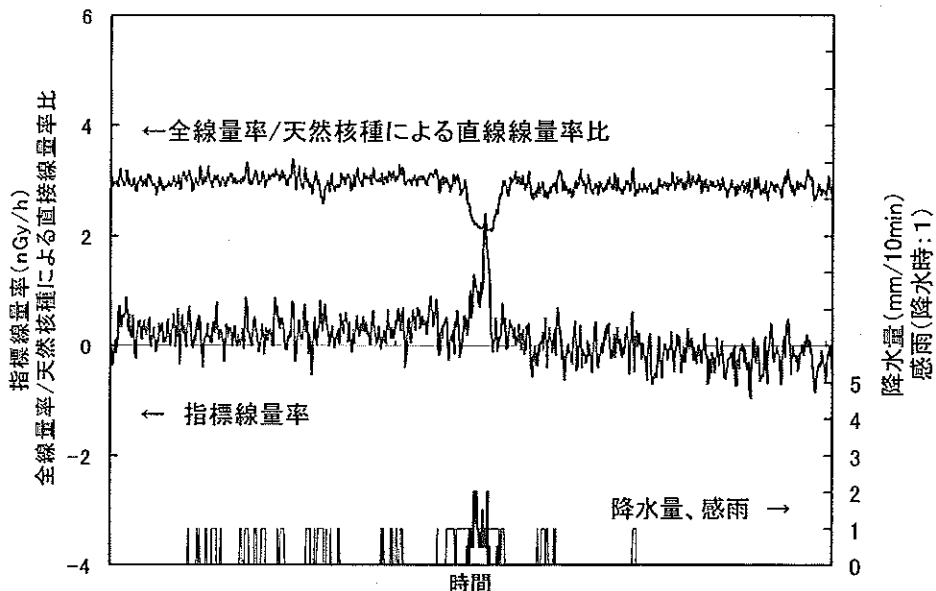


図 10 全線量率/天然核種による直接線量率比時系列図

非降水時における人工放射線照射時の全線量率/天然核種による直接線量率比の変動を図 11 に示す。人工放射線を照射した場合、散乱線を含む全線量率が増加するため、全線量率/天然核種による直接線量率比も増加する。このことから、指標線量率の値が上昇したとき、降水があり、かつ全線量率/天然核種による直接線量率比が減少しているときは天然放射線によるものであり、パターンCと判断することができる。

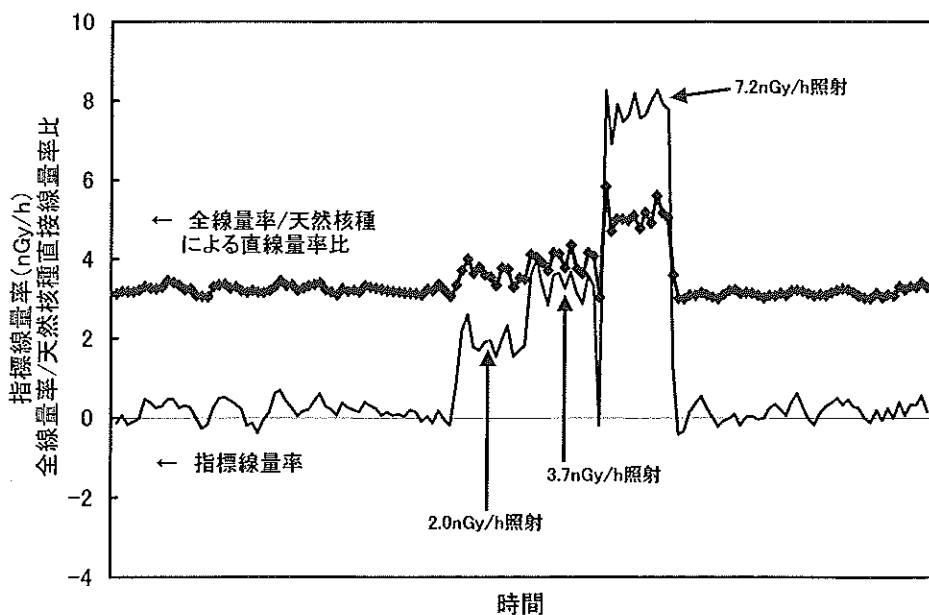


図 11 人工放射線照射時の指標線量率と全線量率/天然核種による直接線量率比の変動

## ② 偏回帰係数の影響

指標線量率を算出する過程で、推定バックグラウンド線量率の計算には重回帰計算による偏回帰係数を用いている。推定バックグラウンド線量率の計算に回帰係数を用いた場合、指標線量率は概ね偏回帰係数を用いた場合と同様の変動を示す（図 1 2 参照）。図中の指標線量率の算出において、偏回帰係数の算出には式 1 を用い、回帰係数の算出には式 2 を用いた。図中の丸で示した部分が回帰係数を用いた場合に比べ指標線量率の変動が大きい。

$$BG = \beta_1 U + \beta_2 Th + \beta_3 K + \beta_4 \quad (\text{単位 ; nGy/h}) \quad (\text{式 1})$$

$\beta_1 \sim \beta_4$  ; 偏回帰係数  $U$  ; U 系列寄与線量率、 $Th$  ; 系列寄与線量率  
 $K$  ;  $^{40}\text{K}$  寄与線量率

$$BG = X U + Y \quad (\text{単位 ; nGy/h}) \quad (\text{式 2})$$

$X, Y$  ; 回帰係数、過去 1 年間のデータより算出した。

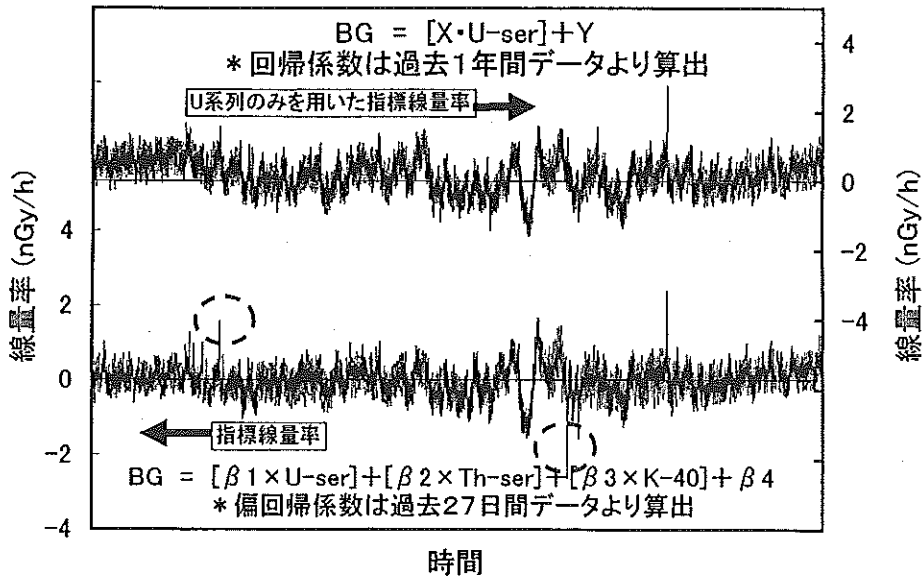


図 1 2 偏回帰係数及び回帰係数による指標線量率の比較

### (4) パターン D (スペクトルドリフト影響型 1)

この変動パターンは放射線測定器の調整や更新を行う際に現れ、指標線量率が数 nGy/h 程度、3 日間上昇又は下降する。上昇又は下降の程度は同じ値なので、図 1 3 に示すように時系列図上では矩形の変動パターンを示す。過去 3 カ年のデータでは最大で 3.3 nGy/h の矩形型の上昇及び -1.1 nGy/h の下降がみられた。また、パターン D 出現時にパターン C (降水影響型) が同時に出現する場合もあり、このときの指標線量率は 5.0 nGy/h であった。

この変動パターンが生じる要因は急激なスペクトルのドリフトにエネルギーキャリブレーションが対応できない状態となることが考えられる。このパターン D はエネルギーキャリブレーションを行った直後から始まり、3 日後の 0 時に解消している。測定データを処理する本システムでは毎日 0 時に過去 2 日間の積算スペクトルを用いてエネルギーキャリブレーション係数を算出していることから、パターン D はエネルギーキャリブレーションに起因するものと考えられる。各測定スペクトルをキャリブレーションする係数は、日毎に算出したキャリブレーション係数を更に 3 日間の移動平均したものである。測定器の長期間使用によりスペクトル

はドリフトすることがあり、測定器の調整後に測定したスペクトルを調整前のスペクトルから算出したキャリブレーション係数でキャリブレーションするために、指標線量率を計算した後の過程で誤差を生じ、図13に示すような結果となると考えられる。測定器を調整して3日経過すると、キャリブレーション係数は調整後のスペクトルから算出されるので正確なキャリブレーションに戻り、指標線量率の矩形の変動も解消する。

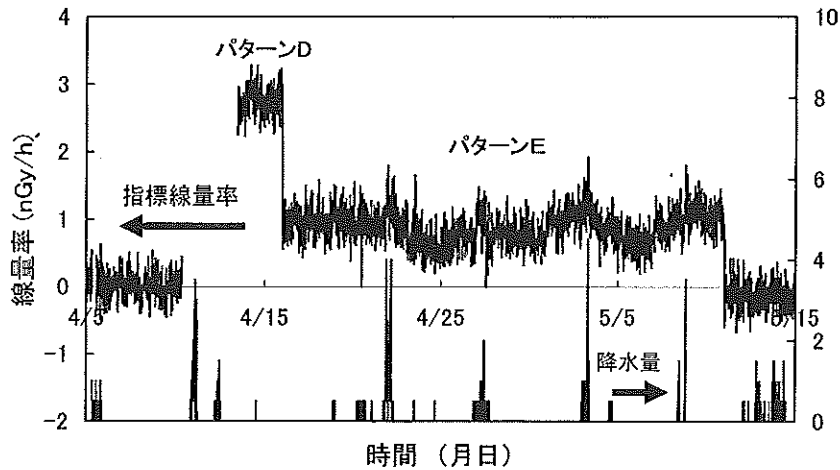


図13 パターンD（スペクトルドリフト型1）及びパターンE（スペクトルドリフト型2）

#### （5）パターンE（スペクトルドリフト影響型2）

この変動パターンは放射線測定器の調整又は更新をして、パターンDが解消した後に現れ、図13に示すように指標線量率の1 nGy/h程度の上昇又は下降が28日間継続する。この変動の要因は急激なスペクトルのドリフトに偏回帰係数が対応できない状態となることが考えられる。偏回帰係数は過去27日間のRM線量率とU系列寄与線量率、Th系列寄与線量率、 $^{40}\text{K}$ 寄与線量率との関係から算出している。測定器の調整又は更新によりスペクトルが変化した場合（例えば測定器の更新で $^{40}\text{K}$ 寄与線量率が変化した場合）、過去27日間のデータから算出した偏回帰係数を用いることにより推定バックグラウンド線量率に誤差を生じ、指標線量率を変動させると考えられる。

#### （6）パターンF（キャリブレーションピーク検出不足型）

パターンFは指標線量率の値が数日間1 nGy/h程度低下する変動で、0時10分のタイミングで出現し、数日後の0時に解消する。図14にパターンFの変動を示す。この変動原因はエネルギーキャリブレーションに用いる天然核種のピーク数が不足することにより誤差を生じるためと考えられる。環境放射線監視システムではエネルギーキャリブレーションを行うために5個の天然核種ピーク（消滅ガンマ線 511.0keV、 $^{214}\text{Bi}$  609.3keV、 $^{40}\text{K}$  1460.8keV、 $^{214}\text{Bi}$  1764.5keV、 $^{208}\text{Tl}$  2614.5keV）を用いている。通常、4個以上の天然核種ピークが検出されれば正確にキャリブレーションが可能であるが、希に4個に満たないピークしか検出されずキャリブレーション結果に誤差を生じて指標線量率を変動させると考えられる。

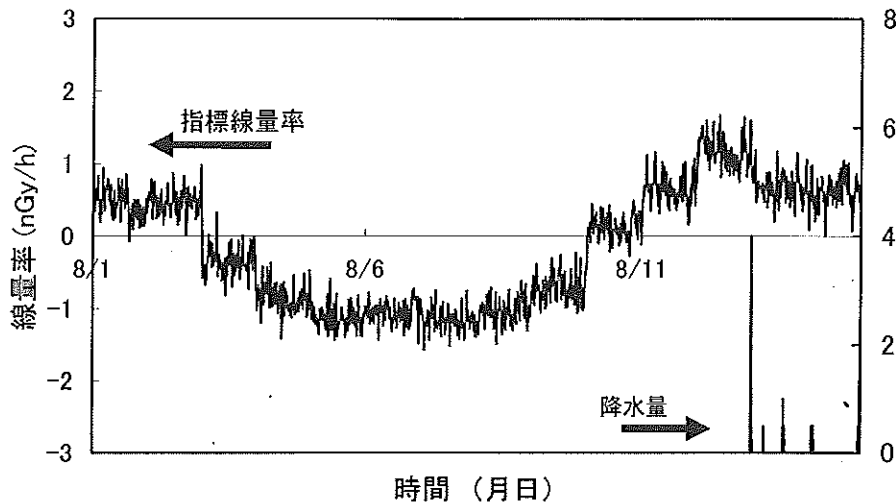


図14 パターンF (キャリブレーションピーク検出不足型)

以上のパターンA～Fの変動について、変動要因、出現頻度及び変動範囲を表2にまとめた。また、1999年～2001年の飯子浜MS局及び小屋取MS局の指標線量率の時系列グラフを付図1及び付図2に示す。

表2 指標線量率の各変動パターン

パターン区分	変動要因	出現頻度/局	変動範囲
A (統計変動型)	放射線計測特有の統計的な変動	全期間(10分毎)	年間データの標準偏差; 0.3～0.4程度
B (キャリブレーション誤差型)	エネルギーキャリブレーション結果の微妙なずれ(1ch以内)	全期間(数日周期)	最大値; 1.2 nGy/h 最小値; -1.0 nGy/h
C (降水影響型)	①直接線/散乱線の割合の変化 ②偏回帰係数を用いた推定BGの算出	主に降水時に出現	最大値 3.0 nGy/h 最小値 -2.6 nGy/h
D (スペクトルドリフト影響型1)	急激なスペクトルドリフトによるキャリブレーション係数の誤差	測定装置の調整時(0～3回/年)又は更新時	最大値; 3.3 nGy/h (パターンCとDが同時に出現; 5.0 nGy/h) 最小値; -1.1 nGy/h
E (スペクトルドリフト影響型2)	急激なスペクトルドリフトによる偏回帰係数の誤差	同上	最大値; 1.4 nGy/h 最小値; -1.5 nGy/h
F (キャリブレーションピーク検出不足型)	天然核種ピーク検出数の不足によるエネルギーキャリブレーション誤差	0～1回/年	最小値; -1.6 nGy/h



## IV 環境放射線総合評価システムの構築

2001年度から2002年度にかけて行った人工放射線照射試験と過去の指標線量率のデータの調査の結果、指標線量率の精度や安定性は良好であったことから、本方法を環境放射線監視業務に導入することによって、平常時における空間ガンマ線線量率の上昇原因をより正確かつ迅速に判断できるようになると考えられる。そこで、各測定局での空間ガンマ線測定データから10分毎に算出される指標線量率に設定値を設け、これを超過した場合に、ガンマ線スペクトルの他各種のデータを確認することによって人工放射線の影響の有無を判断する「環境放射線総合評価システム」を構築し、2003年度から運用を開始することとした。指標線量率の設定値は2 nGy/hとした。これは指標線量率の極低線量率の領域では誤差が1 nGy/h程度であることから、指標線量率が2 nGy/h以上の値を示した場合は有意な値である可能性が高く、人工放射線の影響が考えられるためである。今後、指標線量率が2 nGy/hを超過したデータの調査結果については四半期毎に開催される環境調査測定技術会に報告し技術的な評価を受けることとした。付図3に総合評価システムによる監視方法の概要図を、付表1に環境調査測定技術会へ報告する様式を示す。

## IV まとめ

人工ガンマ線源を用いた照射試験及び指標線量率データを用いて変動要因の検討を行った結果は以下のとおりである。

### 1 人工ガンマ線源を用いた照射試験

- (1)  $^{60}\text{Co}$ を用いた照射試験の結果、指標線量率はやや低い値を示したが、その理由は検出器ハウジング等によるガンマ線の吸収などの影響と考えられた。
- (2) 低線量率域での照射試験の結果、照射値に対する指標線量率の応答値は降水時及び非降水時のいずれでも場合でも土約1 nGy/hの変動範囲内にあり、また照射値が2 nGy/h以上では良好な直線関係を示した。

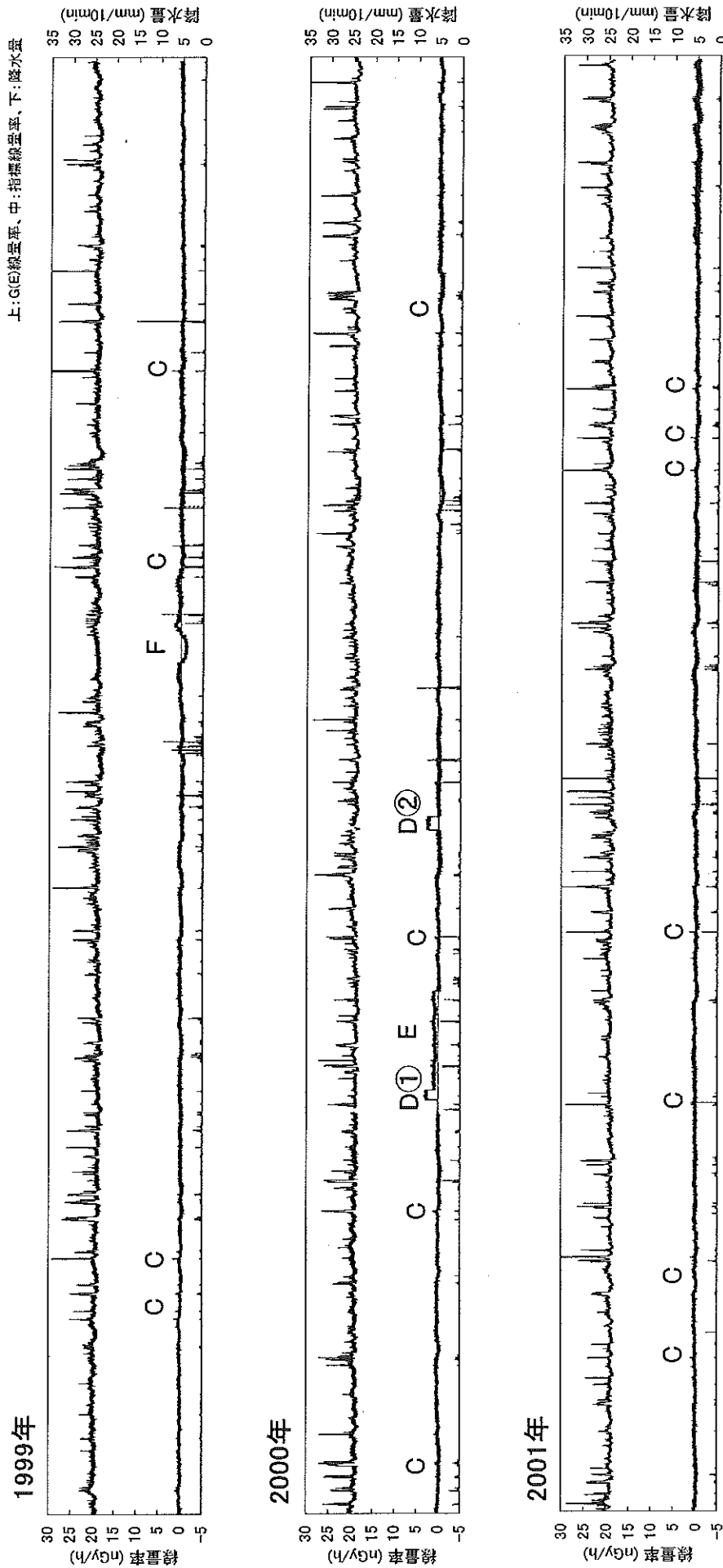
### 2 指標線量率の変動要因の検討

指標線量率は人工放射線の影響がない場合でも若干変動がみられ、これらを6種類のパターンに分類した。各パターンの変動要因はいずれも指標線量率算出の過程に由来するものと考えられた。

これらの結果から、指標線量率に設定値を設けて人工放射線寄与の有無を判断する「環境放射線総合評価システム」を構築し、2003年度から運用を開始することとした。

## VI 参考文献

- 1) 湊進, 名古屋工業技術試験所報告, 27, p.384-397(1978)
- 2) 佐藤健一ほか, 宮城県原子力センター年報, 第5巻, 39-45(1986)
- 3) 佐藤健一ほか, 宮城県原子力センター年報, 第9巻, 67-68(1990)
- 4) 今野達矢ほか, 宮城県原子力センター年報, 第19巻, 46-52(2001)
- 5) 中村栄一, 日本原子力学会誌, 25, 179-185(1983)

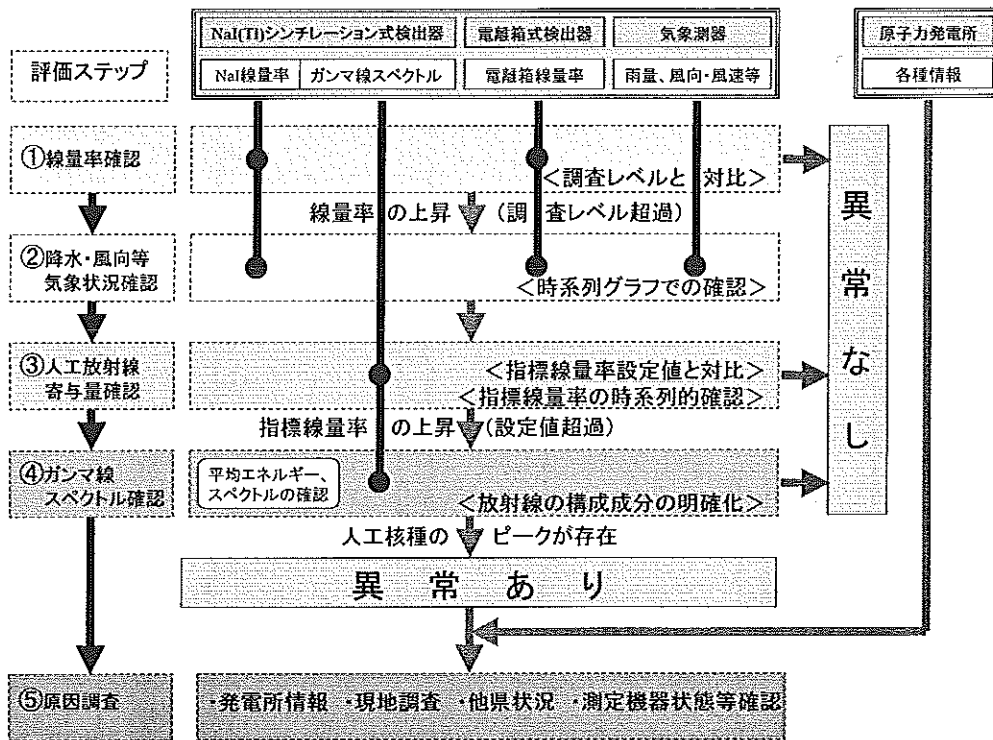


\* 降水量は小笠取局を使用

付図1 1999年～2001年の指標線量率、ガンマ線線量率及び降水量時系列グラフ(飯子浜局)

(注) 図中の「C」については、主なものについて記載している。





付図3 環境放射線総合評価システムの概要

付表3 環境調査測定技術会報告様式

(1) モニタリングステーション

調査期間	局名	指標線量率					スペクトルに異常がみられたデータ数(個) <sup>※1</sup>				発電所起因(個) <sup>※2</sup>				調査レベル <sup>※3</sup>					
		設定値 (nGy/h)	超過数(個)				4月	5月	6月	合計	4月	5月	6月	合計	設定値 (nGy/h)	超過数(個) <参考>				
宮城県	女川	2.0																		
	板子浜																			
	小屋敷																			
	奇震																			
	紋浦																			
	谷川																			
東北電力	小浜																			
	環浜																			
	寺岡																			
	江島																			
	前郷																			

※1 指標線量率が設定値を超過し、空間ガンマ線スペクトルに人工核種のピーク等の異常がみられたデータの個数。  
 ※2 発電所起因の有無については、発電所運転状況、気象及び指標線量率等を総合的に判断し評価している。  
 ※3 調査レベルは過去2年度の平均値に標準偏差の3倍を加えて算出した数値である。

(2) 放水口モニター

調査期間	局名	調査レベル <sup>※3</sup>					発電所起因(個) <sup>※4</sup>			
		設定値 (cpm)	超過数(個)				4月	5月	6月	合計
東北電力	1号機									
	放水口モニター									
	2号機									
	放水口モニター									
	3号機									
	放水口モニター									

※4 発電所起因の有無については、発電所運転状況及び気象等を総合的に判断し評価している。

### Ⅲ 技術報告

技術報告

## 液体シンチレーション測定に関するいくつかの検討

伊藤節男

宮城県原子力センターでは、従来、環境中のトリチウムの測定の際、乳化シンチレータとしてアクアゾールIIを使用してきたが、若干の検討を行ってウルチマゴールドLLTに切り替えることとした。検討の結果、外部標準チャンネル比法(ESCR法)で補正した場合、異なる材質のバイアルでも共通の補正曲線を使用できること、また、ウルチマゴールドLLTを用いて調製した測定試料はポリプロピレン製バイアル等であっても、ある程度の長期間保存が可能であることがわかった。

### I はじめに

宮城県原子力センターでは、従来、環境中のトリチウムの測定にアクアゾールII(パッカー社製)を乳化シンチレータとして使用してきたが、これには混合の際加温する必要があり、また、透明になるまで時間を必要とした。特に、その透明性が安定する前に測定すると、試料とバックグラウンドのESCR値(クエンチングの指標)が異なる場合があり、結果に与える影響を否定できなかった。一方、ウルチマゴールドLLT(パッカー社製)は室温で均一に混合できる利点があり、操作性の向上とESCR値の迅速な安定化が期待できることから、今回採用することとし、測定効率と測定試料の保存性等を検討した。

### II 実験方法

#### 1 器具・試薬等

##### (1) 試薬

- トリチウム標準溶液(1220Bq/g)
- バックグラウンド水(日本分析センターから提供)
- ウルチマゴールドLLT(パッカー社製)

##### (2) 器具

- バイアル(容量100ml)
- PFA(パーフルオロアルコキシ樹脂), PV-145(テフロン被覆ポリエチレン),
- PP(ポリプロピレン), PMP(ポリメチルペンテンポリマー)の各種

##### (3) 測定機器

- 低バックグラウンド液体シンチレーションカウンター(アロカ(株)製 LB-5)

#### 2 最適ウインドウ及び測定効率の決定

文部科学省編トリチウム分析法<sup>1)</sup>に準拠し、トリチウム標準溶液を全量ピペットとメスフラスコを用いて蒸留水で正確に20倍に希釈し、その溶液を正確に分取したものと蒸留水、ウルチマゴールドLLTを混合し効率測定用試料を調製した。測定は、4種類のバイアルについてFM値(Figure of Merit)が最大になるように、装置が有する機能を用いて最適ウインドウを決定した。

#### 3 測定試料の長期保存時の放射能及び重量の変化

上述の効率測定に用いた各バイアルについて、10℃に設定したインキュベータ中で保管した後、調製後の放射能と重量の変化を測定した。放射能は1回5分間の測定を5回繰り返して得られた平均カウント数から効率補正曲線を用いて計算し、さらに減衰補正した。重量変化は電子天秤で測定した。

### III 結果及び考察

#### 1 最適ウインドウ及び効率の決定

各材質のバイアルでの最適ウインドウ及びFM値を求めた結果を表1に示したが、PMP容器ではFM値が低かった。これは、PMP容器でのBG値が高いことによるが、なぜBG値が高いかは不明である。PMP容器は近紫外部から可視領域での光の透過性がよいので、この対策がとればバイアルとして有望である。

表1 各バイアルでの最適ウインドウ, FM値\*及びバックグラウンド (BG) 値

バイアル	最適ウインドウ		FM値	BG値
	LL (keV)	UL (keV)		
PFA	0.30	4.95	232834	5.325
PV-145	0.35	4.80	219330	3.900
PP	0.35	4.65	299211	3.753
PMP	0.75	5.40	145168	6.943

\*FM値 (= (効率 × 試料量) / BG)

次に、各材質のバイアルについての効率とESCRの関係を3次の回帰曲線として求めた。その結果を図1に示したが、ウインドウ (表1のLL~UL) が広い方が効率が高いように見受けられる。そこで、各バイアルについてウインドウをLL=0.35keV, UL=4.65keVに統一して設定し改めて測定を行い、その効率とESCRの関係を再度回帰分析により求めた。その結果を図2に示したが、相関係数も高く非常によく適合していて、異なる材質のバイアルでも単一の補正曲線を適用できることが分かった。このことは、実際の測定の際に試料とBGの組み合わせを同じ材質のバイアルで調製すれば、その材質によらずESCR補正で正確な放射能を求めることができることを示している。

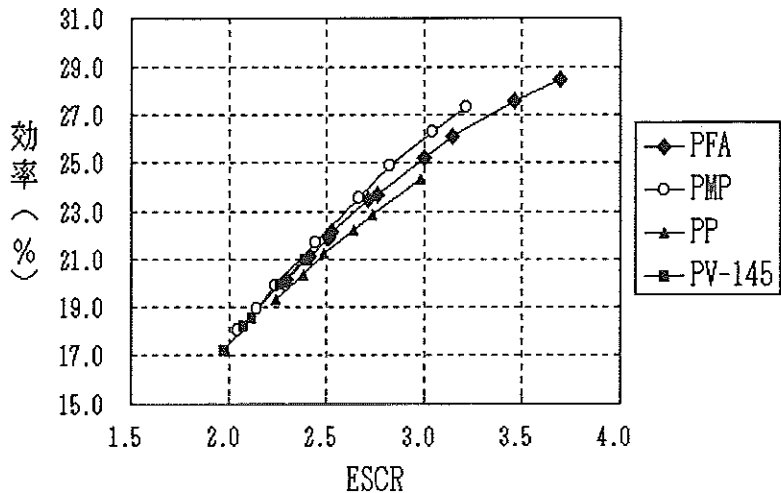
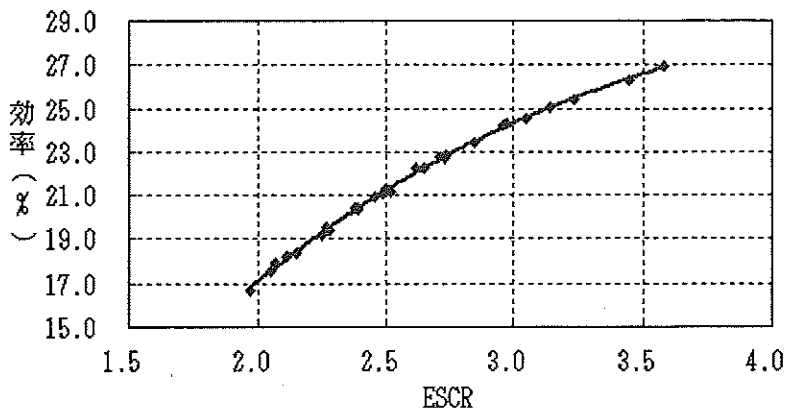


図1 各バイアルの最適ウインドウにおける効率とESCRの関係

また、各種バイアルを用いて効率を測定すると、結果的に広いESCRの範囲をカバーする補正曲線を求めることができる。

なお、20mlガラスバイアルについても同じウインドウで効率を求めたところ、図3に示したように100mlバイアルの補正曲線からのずれが数%程度しかないことがわかった。100mlのバイアルでしか補正曲線を作成していない場合でも、20mlのバイアルでの測定について大まかな濃度算定が可能と考えられる。



$$y=0.2422x^3-3.8527x^2+21.889x-13.2, R^2=0.9987$$

図2 ウインドウを統一した場合の効率とESCRの関係

## 2 測定試料の長期保存時の放射能及び重量の変化

約半年にわたる放射能と重量の測定結果を、図4と図5に示した。PMP容器とPP容器の場合に若干放射能及び重量の減少が見受けられたが、全体として安定した結果を示した。蒸気圧の低い乳化シンチレータを用いた場合にポリエチレンバイアルでも揮散の程度が小さいことが指摘されているが<sup>2)</sup>、ウルチマゴールド LLTを用いて調製すると、PPやPMP製のバイアルであっても少なくとも半年程度は安定した保存ができることが確認できた。

特にPPは半透明で内容物の状態が確認できる利点があり、またバックグラウンドも比較的低いので、測定用バイアルとして使用することができるものと考えられる。

なお、測定結果の詳細については、附表1～6に示した。

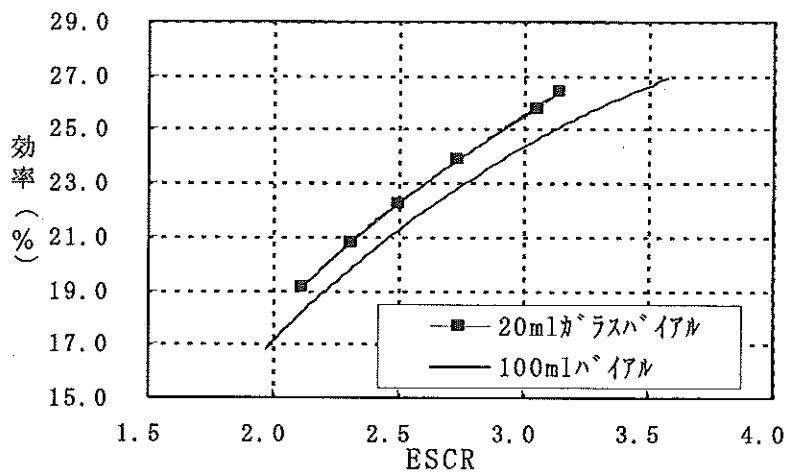


図3 20mlと100mlバイアルの効率の比較

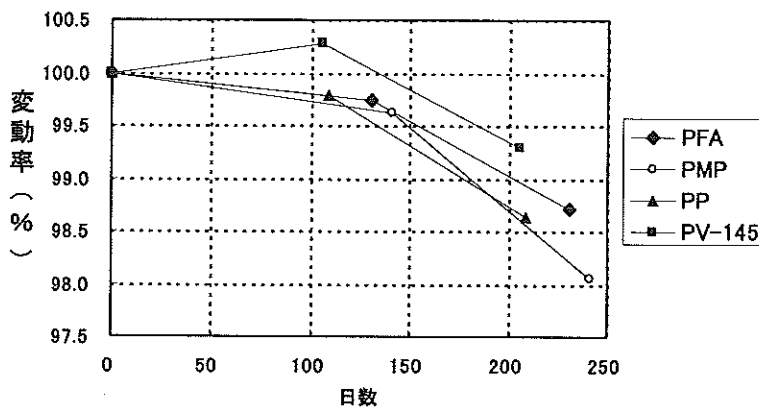


図4 各種バイアルにおける試料の放射能の経時変化

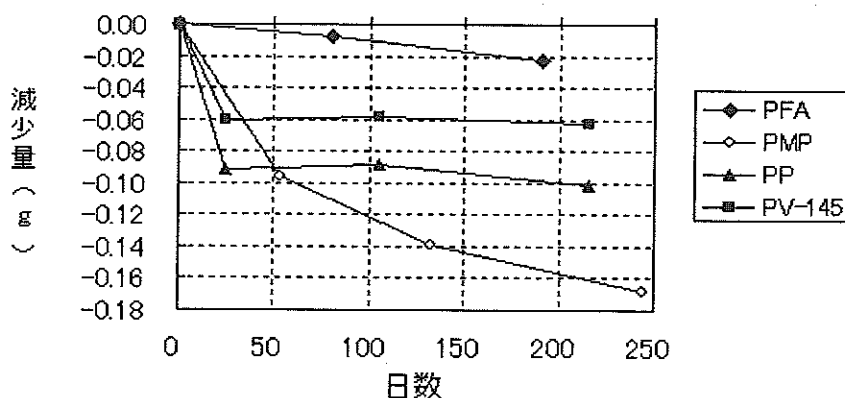


図5 各種バイアルにおける試料重量の経時変化

### 参考文献

- 1 文部科学省：放射能測定法シリーズ9“トリチウム分析法”，平成14年改訂版
- 2 財団法人日本分析センター：“トリチウム分析法解説”，平成12年3月



附表1 H-3効率用標準試料調製シート

バイアル	ウインドウ		全水量 (ml)	その内 HTO 量 (ml)	ウルチマ 量 (ml)	トリチウム 放射能 補正後 (Bq)	各バイアルの最適ウインドウに おける測定結果			ウインドウを統一した 場合の測定結果	
	L.L (keV)	U.L (keV)					計数率 (cpm)	効率 (%)	クエンチンク の指標 ESCR	LL=0.35keV UL=4.65keV ESCR	効率%
PFA-25	0.30	4.95	25	6	75	362.47	6199.76	28.51	3.700	3.58	26.96
PFA-30			30	6	70	362.47	6007.34	27.62	3.464	3.44	26.31
PFA-35			35	6	65	362.47	5682.02	26.13	3.150	3.14	25.01
PFA-40			40	6	60	362.47	5478.72	25.19	3.000	2.96	24.27
PFA-45A			45	6	55	362.47	5152.34	23.69	2.764	2.74	22.87
PFA-45B			45	6	55	362.47	5102.10	23.46	2.718	2.71	22.73
PFA-50A			50	6	50	362.47	4807.38	22.10	2.524	2.52	21.18
PFA-50B			50	6	50	362.47	4763.86	21.90	2.514	2.50	21.34
PFA-52			52	6	48	362.47	4589.84	21.10	2.414	2.39	20.32
PFA-55			55	6	45	362.47	4375.00	20.12	2.294	2.28	19.42
-----											
PMP-25	0.75	5.40	25	6	75	363.03	5963.36	27.37	3.220	3.23	25.39
PMP-30			30	6	70	363.03	5726.82	26.28	3.042	3.05	24.51
PMP-35			35	6	65	363.03	5430.78	24.92	2.830	2.85	23.44
PMP-40			40	6	60	363.03	5135.74	23.57	2.664	2.65	22.22
PMP-45			45	6	55	363.03	4722.38	21.67	2.440	2.46	20.90
PMP-50			50	6	50	363.03	4332.18	19.88	2.234	破損につき欠測	
PMP-52			52	6	48	363.03	4126.84	18.94	2.138	2.15	18.37
PMP-55			55	6	45	363.03	3922.78	18.00	2.038	2.05	17.59
-----											
PP-40	0.35	4.65	40	5	60	301.04	4392.66	24.32	2.980	2.97	24.27
PP-45			45	5	55	301.04	4127.66	22.85	2.734	2.73	22.71
PP-47			47	5	53	301.04	4010.40	22.20	2.636	2.62	22.22
PP-50			50	5	50	301.04	3836.12	21.24	2.482	2.49	21.09
PP-52			52	5	48	301.04	3672.94	20.34	2.376	2.39	20.45
PP-55			55	5	45	301.04	3488.20	19.31	2.234	2.25	19.20
-----											
PV-45	0.35	4.80	45	5	55	300.90	3786.40	20.97	2.386	2.38	20.40
PV-47			47	5	53	300.90	3598.66	19.93	2.260	2.27	19.57
PV-50			50	5	50	300.90	3289.82	18.22	2.072	2.11	18.20
PV-52			52	5	48	300.90	3344.40	18.52	2.108	2.07	17.93
PV-55			55	5	45	300.90	3099.58	17.17	1.970	1.97	16.72

附表2 20mlガラスバイアルの効率  
LL=0.35keV  
UL=4.65keV

バイアル	ESCR	効率%	Bq
GL-06	3.14	26.43	360.69
GL-07	3.05	25.72	360.69
GL-08	2.73	23.87	360.69
GL-09	2.50	22.25	360.69
GL-10	2.31	20.75	360.69
GL-11	2.12	19.13	360.69

附表3 各種バイアルでの放射能及び重量の経時変化(バイアル: PFA)

試料番号	水量 ml	ウレチマ ml	放射能(Bq/試料)			風袋込み重量(g)		
			経過日数			経過日数		
			0	131	231	0	80	191
PFA-25	25	75	362.47	363.78	358.68	134.68	134.67	134.66
PFA-30	30	70	362.47	363.78	360.49	134.69	134.68	134.67
PFA-35	35	65	362.47	362.72	358.14	133.85	133.83	133.83
PFA-40	40	60	362.47	363.11	357.98	134.10	134.09	134.08
PFA-45A	45	55	362.47	359.40	357.29	134.24	134.24	134.22
PFA-45B	45	55	362.47	361.84	359.14	136.70	136.70	136.67
PFA-50A	50	50	362.47	359.71	357.07	134.53	134.53	134.51
PFA-50B	50	50	362.47	362.17	357.99	137.47	137.46	137.44
PFA-52	52	48	362.47	359.64	355.17	134.85	134.84	134.81
PFA-55	55	45	362.47	359.27	355.79	134.87	134.86	134.86
平均減少量			0.000	-0.928	-4.696	0.000	-0.008	-0.023
変動率(%)			100.000	99.744	98.704	100.000	99.994	99.983

附表4 各種バイアルでの放射能及び重量の経時変化(バイアル: PMP)

試料番号	水量 ml	ウレチマ ml	放射能(Bq/試料)			風袋込み重量(g)			
			経過日数			経過日数			
			0	141	241	0	53	133	244
PMP-25	25	75	363.03	361.10	356.91	117.67	117.54	117.51	117.48
PMP-30	30	70	363.03	359.76	356.63	118.39	118.32	118.27	118.25
PMP-35	35	65	363.03	362.09	354.15	118.86	118.73	118.69	118.67
PMP-40	40	60	363.03	363.10	355.49	119.14	119.08	119.04	119.03
PMP-45	45	55	363.03	359.51	356.74	118.85	118.78	118.74	118.71
PMP-52	52	48	363.03	360.96	355.20	119.25	119.13	119.07	119.00
PMP-55	55	45	363.03	364.86	356.77	119.13	119.04	119.00	118.97
平均減少量			0.000	-1.404	-7.046	0.000	-0.096	-0.139	-0.169
変動率(%)			100.000	99.613	98.059	100.000	99.919	99.883	99.858

附表5 各種バイアルでの放射能及び重量の経時変化(バイアル: PP)

試料番号	水量 ml	ウレチマ ml	放射能(Bq/試料)			風袋込み重量(g)			
			経過日数			経過日数			
			0	109	209	0	25	105	216
PP-40	40	60	301.04	300.93	297.67	115.32	115.21	115.21	115.20
PP-45	45	55	301.04	299.80	295.06	115.89	115.86	115.86	115.84
PP-47	47	53	301.04	297.88	296.46	116.09	115.89	115.89	115.88
PP-50	50	50	301.04	301.14	297.71	116.04	115.96	115.96	115.95
PP-52	52	48	301.04	301.09	296.50	116.22	116.11	116.12	116.10
PP-55	55	45	301.04	301.37	298.20	116.14	116.12	116.13	116.12
平均減少量			0.000	-0.672	-4.107	0.000	-0.092	-0.088	-0.102
変動率(%)			100.000	99.777	98.636	100.000	99.921	99.924	99.912

ULTIMA GOLD LLT

附表6 各種バイアルでの放射能及び重量の経時変化(バイアル: PV-145)

試料番号	水量 ml	ウレチマ ml	放射能(Bq/試料)			風袋込み重量(g)			
			経過日数			経過日数			
			0	106	206	0	25	105	216
PV-45	45	55	300.90	300.21	298.69	114.99	114.87	114.87	114.87
PV-47	47	53	300.90	302.75	300.76	114.42	114.36	114.36	114.36
PV-50	50	50	300.90	303.39	300.04	114.94	114.88	114.89	114.88
PV-52	52	48	300.90	301.81	297.30	114.87	114.84	114.84	114.84
PV-55	55	45	300.90	300.40	297.10	114.76	114.73	114.73	114.72
平均減少量			0.000	0.812	-2.122	0.000	-0.060	-0.058	-0.062
変動率(%)			100.000	100.270	99.295	100.000	99.948	99.949	99.946

## IV 学会発表等の要旨

## 1 学会発表

### Bioaccumulation of $^7\text{Be}$ , $^{234}\text{Th}$ , and $^{228}\text{Ra}$ in Marine Organisms near the Northern Pacific Coast of Japan.

Ishikawa Y., Kagaya H. & Saga K.

7<sup>th</sup> SPERA (the South Pacific Environmental Radioactivity Association)  
Environmental Radioactivity Conference, 13-17 May 2002, Sydney, Australia.

Remarkably high bioaccumulation of  $^7\text{Be}$ ,  $^{234}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in marine organisms collected near the northern pacific coast of Japan were reported. About 300-800 Bq/kg wet of abnormally high  $^7\text{Be}$  concentrations (decay-corrected to the collection time) were observed in ascidian liver (gonad) samples. The observed  $^7\text{Be}$  concentrations in the ascidian livers are about several ten thousands times higher than in seawater, because concentration of  $^7\text{Be}$  in seawater is about 0.01 Bq/liter order. High concentrations of  $^{234}\text{Th}$  were observed in ascidian liver (about 40 Bq/kg wet) and excrement samples (about 200 Bq/kg wet), although the parent  $^{238}\text{U}$  concentrations were less than 0.5 Bq/kg wet. This fact shows extreme disequilibrium between parent  $^{238}\text{U}$  and progeny  $^{234}\text{Th}$ . Much higher concentrations of  $^{234}\text{Th}$  were observed in ascidian excrement than in livers. Therefore, the bioaccumulation may be caused by intaking feeds such as planktons.  $^{228}\text{Ra}$ , the daughter of  $^{232}\text{Th}$ , was detected in ascidian livers and the concentrations decayed almost with its half-life (5.75 y), showing disequilibrium between parent  $^{232}\text{Th}$  and progeny  $^{228}\text{Ra}$ .

#### (2) 宮城県と福岡県における地表大気中 $^7\text{Be}$ と $^{210}\text{Pb}$ 濃度の経時変動

石川陽一、榎崎幸範\*

\*福岡県保健環境研究所

日本放射線影響学会第45回大会、2002年9月18~20日、仙台市

1998年10月~2001年10月までの3年間、宮城県女川町と福岡県太宰府市の地表で数日~1ヶ月間隔で浮遊じんを採取して大気中の  $^7\text{Be}$  と  $^{210}\text{Pb}$  を測定した。 $^7\text{Be}$  濃度を月間値で比較すると、女川町と太宰府市の最大値は春期から秋期に観測され各々約 6~7 mBq/m<sup>3</sup>であった。またいずれの地点においても7月または8月に約 1~2 mBq/m<sup>3</sup>の極小値を示した。太宰府市では冬期にあまり大きな変動はみられなかったが、女川町では1月にも明らかに低い傾向が認められた。女川町と太宰府市では緯度が約5度近く異なっていることから、2地点間の上述のような濃度変動の傾向の違いは地理的または気象学的要因に基づくものと考えられる。一方、両県の  $^{210}\text{Pb}$  の濃度は約 0.3~1.3 mBq/m<sup>3</sup>の範囲にあり、全体的な変動傾向は  $^7\text{Be}$  と類似していた。 $^{210}\text{Pb}$  は地表ラドン子孫核種で  $^7\text{Be}$  は宇宙線生成核種と互いに成因が異なるが、経時変動の傾向が類似していたことから、地表ではこれらを含むエアロゾルは比較的よく混合されて似た挙動をしていることが強く示唆された。女川町においては約20年余りの長期間の  $^7\text{Be}$  濃度の変動も調べたが、太陽活動(黒点数)との明瞭な関連は認められなかった。

### (3) 最近の降下物中 $^{137}\text{Cs}$ と大陸起源エアロゾルとの関連

石川陽一、嵯峨京時、楢崎幸範\*、山崎興樹\*\*、田邊廣和\*\*

\* 福岡県保健環境研究所、\*\* 新潟県放射線監視センター

第 46 回放射化学討論会、2002 年 9 月 23~25 日、札幌市

最近では成層圏からのフォールアウト起因  $^{137}\text{Cs}$  の降下量はごくわずかであり、採取面積  $0.5\text{m}^2$  の平均的なサイズの水盤で採取した降下物試料にはほとんど検出されなかった。しかし、2000 年以降には冬期から春期にかけてしばしば降下物中に  $^{137}\text{Cs}$  が検出されている。大気浮遊じんなども調べた結果、この  $^{137}\text{Cs}$  はアジア大陸からのエアロゾル（黄砂）に伴って飛来したものと推定された。

### (4) 宮城県における放射能調査

伊藤節男

第 44 回環境放射能調査研究成果発表会、2002 年 12 月 4 日、東京都

(発表内容は同成果論文抄録集と同様)

### (5) 人工放射線線量率を用いた環境放射線の評価について

今野達矢、木立 博、伊藤節男、石川陽一、佐々木俊行、嵯峨京時

保健環境センター第 21 回研究発表会、2003 年 3 月 14 日、仙台市

これまで当県では、測定した空間ガンマ線のスペクトルをレスポンスマトリックス法で処理して人工放射線量の推定値（指標線量率）を算出する独自の評価方法をとってきた。事業者側の測定システムも本方法に対応可能となったことを受けて、本方法の有効活用を図るためにいくつかの基礎的な検討を行った。指標線量率の平常値には若干の変動がみられることから、その特性と原因を調べるために過去データの解析を行った。また、人工放射線の定量限界を検討するために、人工放射性核種による照射実験を行った。過去データの解析から、平常値の変動はいくつかのパターンに分類でき、その原因は統計的変動や降水時のガンマ線スペクトルの変化等によるものと考えられ、その変動の程度は概ね  $1\text{nGy/h}$  程度であった。また、人工放射線の測定精度については、人工放射性核種による照射実験の結果から、低線量域での定量限界が  $2\text{nGy/h}$  程度であることがわかった。以上の結果から、指標線量率  $2\text{nGy/h}$  を設定値としてリアルタイム監視を行い、これを超過したデータについてはガンマ線スペクトル等を詳細に調査して、人工放射線の影響の有無を評価する「総合評価システム」を構築した。

## 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、伊藤節男、  
石川陽一、加賀谷秀樹、嵯峨京時

第 44 回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成 13 年度）、2002 年 12 月、  
文部科学省、p.149-152

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 13 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 $^{131}\text{I}$ 濃度を Ge 半導体検出器で測定したが、 $^{131}\text{I}$ 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 $^{137}\text{Cs}$ 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

資料1 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14年度はあいなめ、かき、あわび、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。

表-1 分析方法

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



① ICP-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

② ICP-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14年度の分析結果を表2(1)と表2(2)に示す。

表2-(1) 分析結果

試料区分	通し番号	試料名	試料番号	部位	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)	
海産動物	1	あいなめ	00MP0074	肉	2.225	0.47	0.010	6.8	0.2	<1	<0.02	0.22	0.005	10.4	0.23	1.76	0.039	
	2	あいなめ	01MP0059		2.180	0.70	0.015	10.3	0.2	<1	<0.02	0.26	0.006	0.006	12.4	0.27	0.80	0.017
	3	あいなめ	02MP0140		2.425	0.18	0.004	8.0	0.2	<1	<0.02	0.16	0.004	0.004	10.3	0.25	1.01	0.024
	4	かき	02MP0130	軟組織	2.426	2.25	0.055	490	11.9	5.9	0.14	0.14	1.37	0.033	8.3	0.20	4.75	0.115
	5	かき	02MP0144		2.709	3.02	0.082	492	13.3	11.4	0.31	0.31	1.38	0.037	6.3	0.17	4.16	0.113
	6	かき	99MP0107		2.382	2.08	0.050	747	17.8	4.6	0.11	0.11	1.61	0.038	7.5	0.18	4.82	0.115
	7	かき	02MP0129		2.532	2.63	0.067	562	14.2	8.9	0.23	0.23	1.45	0.037	7.1	0.18	6.00	0.152
	8	かき	02MP0131		2.524	1.94	0.049	954	24.08	11.7	0.30	0.30	1.97	0.050	8.3	0.21	3.59	0.091
	9	あわび	00MP0121		2.410	59.1	1.424	352	8.48	1.8	0.04	0.04	1.36	0.033	3.3	0.08	2.27	0.055
	10	あわび	00MP0122		3.398	154	5.233	328	11.15	9.4	0.32	0.32	11.3	0.384	37.2	1.26	6.35	0.216
	11	あわび	01MP0114	2.211	69.4	1.534	276	6.10	4.5	<0.02	<0.02	1.52	0.034	3.9	0.09	0.76	0.017	
	12	あわび	01MP0115	3.074	146	4.488	203	6.24	10.4	<0.02	<0.02	8.51	0.262	38.5	1.18	5.36	0.165	
	13	ほや	02MP0055	肉	2.418	3.03	0.073	101	2.44	3.1	0.07	0.07	1.30	0.031	3.5	0.08	2.19	0.053
	14	ほや	02MP0056		2.446	2.69	0.066	57.7	1.41	2.0	0.05	0.05	0.99	0.024	2.6	0.06	1.19	0.029
	15	むらさき いがい	01IS0045	軟組織	2.446	4.75	0.116	36.3	0.89	<1	<0.02	<0.02	2.18	0.024	11.4	0.28	7.69	0.188
	16	むらさき いがい	01IS0160		2.770	7.58	0.210	32.4	0.90	<1	<0.02	<0.02	2.33	0.024	6.2	0.17	5.03	0.139
	17	むらさき いがい	01IS0086		1.922	4.35	0.084	32.7	0.63	2.7	0.05	0.05	2.23	0.043	10.2	0.20	4.68	0.090
18	あらめ	02IS0042	海藻	4.554	0.22	0.010	3.1	0.14	2.3	0.10	0.10	0.24	0.011	5.3	<0.05	0.12	0.005	
19	あらめ	02IS0141		5.075	0.78	0.040	5.7	0.29	1.7	0.09	0.09	0.62	0.031	5.1	0.26	0.13	0.007	
20	あらめ	01IS0159		4.500	0.34	0.015	3.6	0.16	7.8	0.35	0.35	0.18	0.008	2.9	0.13	0.25	0.011	
21	あらめ	02IS0107		4.583	0.45	0.021	5.3	0.24	5.1	0.23	0.23	0.59	0.027	5.9	0.27	0.18	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(1) 分析結果 (続)

試料区分	通し番号	試料名	試料番号	部位	灰分 %	Be $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Be $\text{mg/kg}$ (生重量中)	Zn $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Zn $\text{mg/kg}$ (生重量中)	Fe $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Fe $\text{mg/kg}$ (生重量中)	Mn $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Mn $\text{mg/kg}$ (生重量中)	Sr $\mu\text{g/g}$ (灰中)	Sr $\text{mg/kg}$ (生重量中)	
海産動物	1	あいなめ	00MP0074	肉	2.225	0.05	0.0011	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2	あいなめ	01MP0059		2.180	0.10	0.0022	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	あいなめ	02MP0140		2.425	0.10	0.0024	230	5.6	175	4.2	55	1.3	—	527	12.8
	4	かき	02MP0130	軟組織	2.426	0.14	0.0034	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	かき	02MP0144		2.709	0.14	0.0038	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	かき	99MP0107		2.382	0.14	0.0033	14800	352.5	1580	37.6	769	18.3	—	189	4.5
	7	かき	02MP0129		2.532	0.14	0.0035	13400	339.3	1340	33.9	672	17.0	—	160	4.1
	8	かき	02MP0131		2.524	0.14	0.0035	10500	265.0	2150	54.3	599	15.1	—	162	4.1
	9	あわび	00MP0121		2.410	0.12	0.0029	307	7.4	1270	30.6	17	0.4	—	227	5.5
	10	あわび	00MP0122		3.398	0.18	0.0061	1180	40.1	20800	706.8	61	2.1	—	463	15.7
	11	あわび	01MP0114		2.211	0.14	0.0031	349	7.7	1900	42.0	14	0.3	—	220	4.9
	12	あわび	01MP0115		3.074	0.19	0.0058	999	30.7	13300	408.8	66	2.0	—	500	15.4
	13	ほや	02MP0055		2.418	0.31	0.0075	2080	50.3	293	7.1	67	1.6	—	159	3.8
	14	ほや	02MP0056	2.446	0.19	0.0046	1890	46.2	189	4.6	61	1.5	—	156	3.8	
	15	むらさきいざい	01IS0045	2.446	0.14	0.0034	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	16	むらさきいざい	01IS0160	2.770	0.14	0.0039	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	17	むらさきいざい	01IS0086	1.922	0.13	0.0025	888	17.1	950	18.3	58	1.1	—	246	4.7	
海藻	18	あらめ	02IS0042	除根	4.554	0.21	0.0096	—	—	—	—	—	—	—	—	
	19	あらめ	02IS0141		5.075	0.19	0.0096	—	—	—	—	—	—	—	—	
	20	あらめ	01IS0159		4.500	0.19	0.0086	43	1.9	95	4.3	15	0.7	2300	104	
	21	あらめ	02IS0107		4.583	0.26	0.0119	47	2.2	77	3.5	10	0.5	3100	142	

※生重量中のデータ (mg/kg) は、灰中のデータ ( $\mu\text{g/g}$ ) × 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	試料番号	部位	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)	22	海底土	02SS0039	土又は砂	2.1	5.67	1.5	<1	2.28	15.1	3.45	0.38	—	—	—	—	
	23	海底土	02SS0132		4.7	11.6	8.9	<1	7.22	38.7	7.29	0.63	—	—	—	—	—
	24	海底土	02SS0029		5.3	11.6	7.2	<1	4.37	22.9	12.1	0.73	—	—	—	—	—
	25	海底土	02SS0177		2.2	8.51	1.9	<1	3.51	15.9	7.80	0.59	—	26	9320	96	538
	26	海底土	02SS0154		4.8	7.44	5.8	<1	3.18	20.2	7.19	0.54	—	46	13700	88	456

## 資料2 宮城県における環境放射能核種分析結果

以下に、2002年（平成14年）4月から2003年（平成15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 $\gamma$ 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-27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14年度 女川原子力発電所 環境放射能調査結果（平成15年9月 宮城県）」において、対象核種（ $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ）と $^7\text{Be}$ 及び $^{40}\text{K}$ 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) $^{90}\text{Sr}$ 分析結果

表-28

#### (3) $^3\text{H}$ 分析結果

表-29

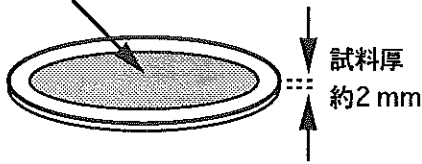
#### (4) 文部科学省委託調査結果（平成14年度）

表-32～表-36：

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  $\phi$



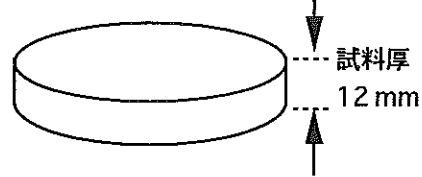
(a) 大気浮遊じん用ろ紙 (F53)

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  $\phi$

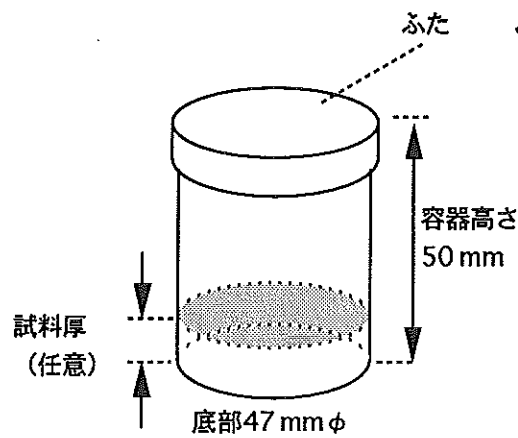


(b) ディスク状容器 (D60)

(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)

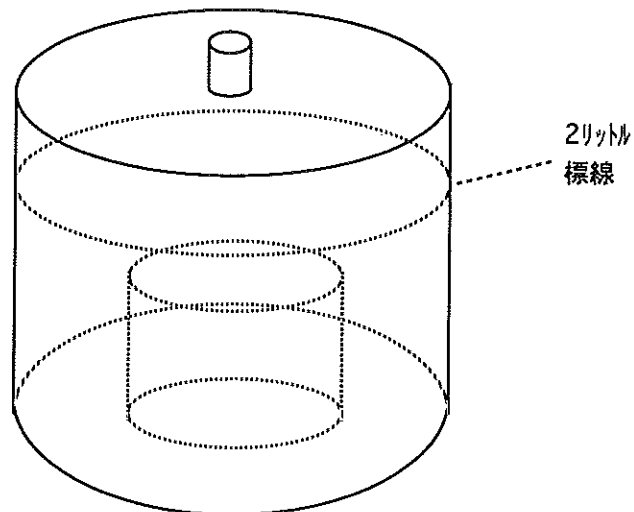


図-1 Ge半導体検出器による $\gamma$ 線スペクトロ  
メトリー用試料形状と略称

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 $\phi$ $\times$ 100.3	64.3 $\phi$ $\times$ 64.5	65.8 $\phi$ $\times$ 71.5	51.7 $\phi$ $\times$ 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 $\alpha$ -Station 255/233				

\* No. 4 Ge のエンドキャップ材はAl製から交換。

\*\* 相対効率は、線源-検出器間距離25 cmのときの、 $^{60}\text{Co}$ の1.33 MeV- $\gamma$ 線エネルギーにおける  
3"  $\phi$   $\times$  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	2002. 4. 1	2002. 5. 1	2002. 6. 3	2002. 7. 1	2002. 8. 2	2002. 9. 4	
	~2002. 5. 1	~2002. 6. 3	~2002. 7. 1	~2002. 8. 2	~2002. 9. 4	~2002.10. 1	
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	02FO0024* (注1)	02FO0050*	02FO0082*	02FO0095*	02FO0115*	02FO0126*	
放射能	Be-7	73.0±0.7	141±0.9	113±0.8	105±0.8	58.7±0.6	147±0.8
	K-40	1.9±0.2	1.3±0.2	1.0±0.2	0.94±0.17	0.55±0.15	-(注2)
	Pb-210	16.0±0.2	19.7±0.3	19.1±0.3	18.1±0.3	7.7±0.2	12.2±0.2
	Cs-137	0.084±0.013	-	-	-	-	-
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	4.0	3.1	2.3	2.3	1.5	1.6	
Ge 検出器番号	2	3	3	2	2	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 環境放射能及び温排水調査結果(平成14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)。

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	2002.10. 1	2002.11. 1	2002.12. 2	2002.12.27	2003. 1.31	2003. 3. 3	
	~2002.11. 1	~2002.12. 2	~2002.12.27	~2003. 1.31	~2003. 3. 3	~2003. 3.31	
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	02FO0138*	02FO0160*	02FO0174*	02FO0182*	02FO0190*	02FO0218*	
放射能	Be-7	137±1	99.5±0.7	44.5±0.5	108±1	149±1	80.5±0.6
	K-40	3.7±0.3	0.73±0.15	0.64±0.17	1.0±0.2	0.78±0.16	1.2±0.2
	Pb-210	25.9±0.4	11.5±0.2	10.2±0.2	19.4±0.3	23.8±0.3	18.1±0.3
	Cs-137	-	-	-	-	-	-
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	10.5	1.9	1.4	2.4	1.8	4.1	
Ge 検出器番号	3	2	2	3	2	2	
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) (注)					
採取期間	2002.4.1	2002.5.1	2002.6.3	2002.7.1	2002.8.2	2002.9.4	
	~2002.5.1	~2002.6.3	~2002.7.1	~2002.8.2	~2002.9.4	~2002.10.1	
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	02FO0025*	02FO0051*	02FO0083*	02FO0096*	02FO0116*	02FO0127*	
放射能	Be-7	68.7±0.7	112±0.8	155±0.9	91.0±0.7	72.0±0.7	114±0.8
	K-40	2.1±0.2	2.1±0.2	1.0±0.2	0.83±0.23	0.88±0.21	—
	Pb-210	14.6±0.2	12.2±0.2	23.5±0.3	19.2±0.3	13.2±0.3	14.2±0.3
	Cs-137	0.083±0.014	—	—	—	—	—
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	4.3	3.5	3.7	2.8	2.4	1.7	
Ge 検出器番号	2	2	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、1997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	2002.10.1	2002.11.1	2002.12.2	2002.12.27	2003.1.31	2003.3.3	
	~2002.11.1	~2002.12.2	~2002.12.27	~2003.1.31	~2003.3.3	~2003.3.31	
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	02FO0139	02FO0161*	02FO0175*	02FO0183*	02FO0191*	02FO0219*	
放射能	Be-7	65.4±0.7	47.9±0.5	25.5±0.4	47.7±0.5	50.8±0.5	61.5±0.5
	K-40	0.96±0.23	—	0.78±0.22	1.2±0.2	0.92±0.22	0.83±0.16
	Pb-210	12.3±0.3	8.8±0.2	8.4±0.2	14.5±0.3	14.4±0.3	13.0±0.2
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	3.8	1.9	2.7	3.0	2.2	3.4	
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	対照地点						

(注)保健環境センター(対照地点)の採取地点は、1997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	2002.3.27 ~2002.6.26	2002.6.26 ~2002.9.30	2002.9.30 ~2002.12.26	2002.12.26 ~2003.3.28	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	02FO0070*	02FO0111*	02FO0170*	02FO0211*	
放射能	Be-7	325±2	119±1	166±1	253±2
	K-40	3.8±0.5	—	4.1±0.5	3.7±0.7
	Pb-210	70.0±0.9	42.4±0.7	51.3±0.9	84.3±1.1
	Cs-137	0.13±0.04	—	—	—
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.166	0.166	0.166	0.166	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	11.6	3.7	15.4	9.9	
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	

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	2002.3.27 ~2002.6.26	2002.6.26 ~2002.9.30	2002.9.30 ~2002.12.26	2002.12.26 ~2003.3.28	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	02FO0069*	02FO0110*	02FO0169*	02FO0210*	
放射能	Be-7	264±2	398±2	97±1	184±2
	K-40	4.6±0.5	1.7±0.5	4.1±0.5	2.1±0.7
	Pb-210	63.7±0.8	82.8±0.9	27.6±0.7	63.0±0.9
	Cs-137	0.17±0.04	—	—	—
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )	0.166	0.166	0.166	0.166	
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )	12.9	7.1	13.2	8.0	
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	

表一8 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		牡鹿町(谷川IMS)			
採取期間		2002. 3.27 ~2002. 6.26	2002. 6.26 ~2002. 9.30	2002. 9.30 ~2002.12.26	2002.12.26 ~2003. 3.28
採取月		4~6 月分	7~9 月分	10~12 月分	1~3 月分
試料番号		02FO0071*	02FO0112*	02FO0171*	02FO0212*
放射能	Be- 7	260±2	223±2	90±1	194±2
	K- 40	4.5±0.7	2.6±0.5	5.6±0.7	1.9±0.5
	Pb-210	64.5±1.0	47.7±0.7	27.1±0.7	50.4±0.7
	Cs-137	(0.14) (注1)	—	—	—
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )		0.166	0.166	0.166	0.166
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )		11.9	6.6	12.5	7.5
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

(注1) 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)。

表一9 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			02FO0113	02FO0172	02FO0213
放射能	Be- 7	(欠測)	227±2	189±3	283±2
	K- 40		2.4±0.7	7.9±0.7	4.9±0.7
	Pb-210		49.1±0.8	47.5±0.7	71.6±1.0
	Cs-137		—	0.12±0.04	—
	単位		Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>
試料採取面積(m <sup>2</sup> )			0.166	0.166	0.166
蒸発残渣量(g/m <sup>2</sup> )			5.9	18.6	13.3
Ge 検出器番号			3	2	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)			80000	80000	500000

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	2002.11.15	
試料番号	02VG0152*	
放射能	Be-7	—
	K-40	28.2±0.2
	Pb-210	—
	Cs-137	0.025±0.003
	単位	Bq/kg生
試料量(kg生)	7.88(注)	
灰分(%)	0.483	
Ge 検出器番号	3	
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	2002.11.15	2002.11.15	2002.11.15	2002.11.15
試料番号	02VG0148*	02VG0149*	02VG0150*	02VG0151*
放射能	Be-7	—	3.5±0.1	0.18±0.05
	K-40	88.2±0.3	61.8±0.3	74.9±0.3
	Pb-210	—	1.00±0.07	—
	Cs-137	—	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	6.20	3.74	6.35	2.08
灰分(%)	0.725	0.910	0.707	2.87
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				

表-12 陸水の核種分析結果(1)

試料名		陸水			
		水道原水			
採取地点		女川町野々浜		牡鹿町寄磯	
採取月日		2002.7.4	2003.1.16	2002.7.4	2003.1.16
試料番号		02LW0088*	02LW0184*	02LW0089*	02LW0185*
放射能	Be-7	—	—	—	—
	K-40	21±4	—	16±4	19±5
	Pb-210	—	17±4	—	11±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	2	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		未耕土			
採取地点		牡鹿町寄磯		岩出山町(城山公園)	
採取月日		2002.6.17		2002.6.10	
試料番号		02LS0062*		02LS0061*	
放射能 (注2)	Be-7	—	—	(320)	—
	K-40	21400±300	461±7	9800±200	233±6
	Pb-212	1330±30	24.5±0.5	820±20	22.8±0.6
	Pb-214	200±30	17.0±0.7	560±30	13.5±0.6
	Cs-137	210±10	4.6±0.3	190±10	4.6±0.3
	単位	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/kg 乾土	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/kg 乾土
試料量		25.3 cm <sup>2</sup>	0.118kg	20.0 cm <sup>2</sup>	0.0838 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) 陸土試料については、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 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	2002. 3.29 ~2002. 4.30	2002. 4.30 ~2002. 5.30	2002. 5.30 ~2002. 6.26	2002. 6.26 ~2002. 7.28	2002. 7.28 ~2002. 8.27	2002. 8.27 ~2002. 9.30	
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	02AE0021*	02AE0045*	02AE0067*	02AE0092*	02AE0105*	02AE0123*	
放射能	Be- 7	3.17±0.09	2.06±0.08	1.18±0.08	0.89±0.14	0.81±0.11	1.62±0.06
	K- 40	-	-	-	-	-	-
	Pb-210	0.80±0.06	0.29±0.05	0.37±0.06	0.29±0.05	0.45±0.06	0.35±0.05
	Cs-137	-	-	-	-	-	-
	単位	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>
試料量(m <sup>3</sup> )	1245	1221	1072	1294	1106	1259	
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	80000	
備考							

表-15 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	2002. 9.30 ~2002.10.30	2002.10.30 ~2002.11.29	2002.11.29 ~2002.12.26	2002.12.26 ~2003. 1.30	2003. 1.30 ~2003. 2.27	2003. 2.27 ~2003. 3.28	
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	02AE0135*	02AE0157*	02AE0166*	02AE0178*	02AE0186*	02AE0214*	
放射能	Be- 7	1.8±0.1	1.30±0.08	3.8±0.1	2.83±0.08	3.3±0.1	4.5±0.1
	K- 40	-	-	-	0.26±0.06	-	-
	Pb-210	0.50±0.07	0.50±0.07	0.94±0.08	0.86±0.06	1.20±0.07	1.28±0.07
	Cs-137	-	-	-	-	-	-
	単位	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>
試料量(m <sup>3</sup> )	1040	1042	960	1211	1028	1031	
Ge 検出器番号	3	3	3	2	3	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(3)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		牡鹿町(鮫浦MS)					
採取期間		2002. 3.29 ~2002. 4.30	2002. 4.30 ~2002. 5.30	2002. 5.30 ~2002. 6.26	2002. 6.26 ~2002. 7.28	2002. 7.28 ~2002. 8.27	2002. 8.27 ~2002. 9.30
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		02AE0022*	02AE0046*	02AE0068*	02AE0093*	02AE0106*	02AE0124*
放射能	Be- 7	3.13±0.09	2.11±0.08	1.06±0.07	1.69±0.08	1.71±0.09	3.27±0.08
	K- 40	-	-	-	-	-	-
	Pb-210	0.64±0.06	0.44±0.06	0.48±0.06	0.44±0.06	0.67±0.06	0.90±0.06
	Cs-137	-	-	-	-	-	-
	単位	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>
試料量(m <sup>3</sup> )		1226	1157	1318	1380	1232	1433
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-17 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		2002.9.30 ~2002.10.30	2002.10.30 ~2002.11.29	2002.11.29 ~2002.12.26	2002.12.26 ~2003. 1.30	2003. 1.30 ~2003. 2.27	2003. 2.27 ~2003. 3.28
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		02AE0136*	02AE0158*	02AE0167*	02AE0179*	02AE0187*	02AE0215*
放射能	Be- 7	4.0±0.1	3.4±0.1	4.2±0.1	3.12±0.09	3.8±0.1	4.9±0.1
	K- 40	-	-	-	-	-	-
	Pb-210	1.09±0.08	1.07±0.07	1.33±0.08	1.08±0.06	1.32±0.08	1.41±0.08
	Cs-137	-	-	-	-	-	-
	単位	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>
試料量(m <sup>3</sup> )		1000	1122	977	1258	1037	1063
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-18 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	2002.7.4	2002.7.16	
試料番号	02IL0085*	02IL0097*	
放射能	Be-7	64.4±0.6	53.9±0.4
	K-40	246±0.9	191±0.7
	Pb-210	8.5±0.2	5.6±0.1
	Cs-137	(0.034)	0.028±0.008
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.79	2.69	
灰分(%)	2.51	1.67	
Ge 検出器番号	2	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	
備考		対照地点	

表-19 魚介類の核種分析結果(1)

試料名	あいなめ		
	肉		
採取地点	女川原子力発電所 前面海域		
採取月日	2002.11.7		
試料番号	02MP0140*		
放射能	Be-7	-	
	K-40	133±1	
	Pb-210	-	
	Cs-137	0.105±0.009	
	単位	Bq/kg生	
試料量(kg生)	3.71		
灰分(%)	2.43		
Ge 検出器番号	2		
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000		
備考			



表-20 魚介類の核種分析結果(2)

試料名	ほ や	ほ や	あわび	
	肉	肉	肉	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	2002. 6. 4	2002. 6. 4	2002.11.11	
試料番号	02MP0055*	02MP0056*	02MP0145*	02MP0146
放射能	Be- 7	11.1±0.2	10.8±0.2	(0.32) 4.3±0.3
	K- 40	84.1±0.5	86.4±0.5	77.9±0.5 89.8±0.9
	Pb-210	1.8±0.1	1.3±0.1	0.38±0.11 6.2±0.2
	Cs-137	—	—	0.028±0.009 —
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg 生)	1.86	1.84	325	1.01
灰分(%)	2.42	2.45	2.39	3.15
Ge 検出器番号	3	2	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	257001
備 考				

表-21 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	2002.10.24	2002.10.24	2002.11.5	2002.10.25
試料番号	02MP0129*	02MP0130*	02MP0144*	02MP0131*
放射能	Be- 7	2.4±0.1	2.2±0.1	2.1±0.1 1.3±0.2
	K- 40	79.6±0.5	67.0±0.4	79.5±0.5 81.5±0.6
	Pb-210	3.5±0.1	3.0±0.1	3.0±0.1 1.7±0.1
	Cs-137	(0.024)	—	0.020±0.007 (0.028)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg 生)	3.51	3.82	3.31	3.06
灰分(%)	2.53	2.43	2.71	2.52
Ge 検出器番号	3	3	2	3
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000
備 考				対照地点

表-22 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		2002.4.16	2002.5.27	2002.4.16	2002.5.27
試料番号		02MP0012*	02MP0041	02MP0011*	02MP0040
放射能	Be-7	—	0.87±0.18	(0.74)	0.86±0.17
	K-40	197±1	221±1	201±1	208±1
	Pb-210	—	—	—	—
	Cs-137	—	(0.043)	(0.042)	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.08	1.02	1.11	1.06
灰分(%)		4.04	4.40	4.17	4.27
Ge検出器番号		2	3	2	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

表-23 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		2002.5.27	2002.11.5	2002.5.8	2002.11.19	2002.10.25
試料番号		02SW0038*	02SW0176*	02SW0028*	02SW0153*	02SW0133*
放射能	Cs-137	1.6±0.5	2.4±0.5	1.7±0.4	1.9±0.4	2.1±0.3
	単位	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l	mBq/l
試料量(l)		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Ge検出器番号		3	3	2	2	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000
備考						対照地点

表-24 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	2002.5.27	2002.11.5	2002.5.8	2002.11.19	2002.10.25	
試料番号	02SS0039*	02SS0177*	02SS0029*	02SS0154*	02SS0132*	
放射能	Be-7	—	—	—	(7.5)	
	K-40	494±7	479±7	545±8	525±7	336±4
	Pb-212	14.4±0.4	14.6±0.5	18.9±0.5	19.3±0.4	10.2±0.4
	Pb-214	5.6±0.6	9.3±0.6	16.9±0.8	13.3±0.5	11.6±0.7
	Cs-137	—	—	1.2±0.2	0.97±0.20	0.60±0.11
	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)	116	131	107	117	125	
Ge 検出器番号	3	3	3	2	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	
備考					対照地点	

表-25 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	2002.5.27	2002.8.28	2002.11.7	2003.3.19	2002.5.27	2002.8.28	
試料番号	02IS0043*	02IS0109*	02IS0143*	02IS0202*	02IS0042*	02IS0107*	
放射能	Be-7	—	0.78±0.19	—	—	(0.60)	
	K-40	387±2	266±1	387±2	417±2	333±1	303±1
	Pb-210	—	—	—	—	—	—
	Cs-137	(0.061)	0.074±0.018	(0.060)	(0.060)	(0.058)	0.094±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)	0.94	1.00	0.844	0.943	0.99	0.983	
灰分(%)	4.81	4.50	5.34	4.75	4.55	4.58	
Ge 検出器番号	3	3	3	2	3	2	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考							

表-26 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		2002.11.7	2003.3.19	2002.5.27	2002.8.28	2002.11.7	2003.3.19
試料番号		02IS0142*	02IS0200*	02IS0044*	02IS0108*	02IS0142*	02IS0201*
放射能	Be-7	—	—	—	0.97±0.20	—	—
	K-40	384±1	364±2	345±1	347±1	405±2	408±2
	Pb-210	—	—	—	—	—	—
	Cs-137	0.069±0.013	—	0.058±0.019	0.058±0.019	0.12±0.02	(0.059)
	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)		0.886	1.01	0.98	0.938	0.902	0.949
灰分(%)		5.08	4.45	4.60	4.80	4.99	4.75
Ge 検出器番号		2	3	3	2	2	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-27 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		2002.4.16	2002.6.4	2002.9.10	2002.12.12
試料番号		02IS0013-00*	02IS0057*	02IS0119*	02IS0162*
放射能	Be-7	7.6±0.2	7.6±0.1	3.2±0.1	1.6±0.1
	K-40	101±0.6	83.6±0.5	81.3±0.5	80.4±0.5
	Pb-210	3.9±0.1	5.2±0.1	2.8±0.1	3.2±0.1
	Cs-137	0.036±0.008	0.027±0.007	(0.022)	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.67	20.03	2.12	1.71
灰分(%)		2.68	2.22	2.12	2.65
Ge 検出器番号		3	3	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

(2)  $^{90}\text{Sr}$ 分析結果

表-28 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	14. 11. 15	—	Bq/kg生	0. 058	—	02VG0152
よもぎ	葉	谷 川	14. 7. 4	0. 31±0. 01	Bq/kg生	2. 5	0. 120±0. 004	02IL0085
よもぎ	葉	岩出山 (対照地点)	14. 7. 16	0. 341±0. 006	Bq/kg生	1. 1	0. 312±0. 006	02IL0097
あいなめ	肉	前面海域	14. 11. 7	—	Bq/kg生	3. 1	—	02MP0140
かき	除殻	飯子浜	14. 10. 24	—	Bq/kg生	0. 50	—	02MP0129
かき	除殻	気仙沼	14. 10. 25	—	Bq/kg生	0. 61	—	02MP0131
ほや	肉	小屋取	14. 6. 4	—	Bq/kg生	0. 25	—	02MP0055
わかめ	除根	シウリ崎	14. 5. 27	0. 024±0. 005	Bq/kg生	1. 2	0. 020±0. 004	02MP0040
あらめ	除根	シウリ崎	14. 8. 28	0. 028±0. 005	Bq/kg生	2. 7	0. 010±0. 002	02IS0109
あらめ	除根	シウリ崎	15. 3. 19	0. 042±0. 004	Bq/kg生	1. 6	0. 027±0. 003	02IS0202

(3)  $^3\text{H}$ 分析結果

表-29 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	14. 7. 4	810±160	mBq/l
			15. 1. 16	470±140	
		寄磯	14. 7. 4	1000±160	
			15. 1. 16	1000±140	
海水	表層水	放水口付近	14. 5. 27	—	
			14. 11. 5	550±160	
		気仙沼湾	14. 10. 24	—	

(4) 文部科学省委託調査結果

表-30 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	<sup>137</sup> Cs			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	H14.4~H15.3月	12	ND	0.076	ND ~ 0.135	ND	4.4	ND ~ 5.5	MBq/km <sup>2</sup>
陸水	宮城県保健環境センター	H14.7, 12月	2	ND	ND	ND ~ 0.252	19	23	18 ~ 36.7	mBq/l
土壌	宮城県 岩出山町	H14.9月	1	4.3	4.3	4.6 ~ 6.9	240	240	180 ~ 245	Bq/kg 乾土
				160	160	175 ~ 225	8600	8600	6790 ~ 9663	MBq/km <sup>2</sup>
精米	宮城県 岩出山町	H14.9月	1	1.4	1.4	0.80 ~ 3.9	250	250	202 ~ 254	Bq/kg 乾土
				220	220	138 ~ 694	41000	41000	34420 ~ 44804	MBq/km <sup>2</sup>
野菜	宮城県 石巻市	H14.10月	1	ND	ND	ND ~ 0.077	26	26	23 ~ 37.4	Bq/kg 精米
				0.017	0.017	ND ~ 0.11	76	76	36.3 ~ 108	Bq/kg 生
牛乳	宮城県 利府町	H14.6月	1	ND	ND	ND ~ 0.029	350	350	122 ~ 280	Bq/kg 生
				ND	ND	ND ~ 0.047	48	52	44.3 ~ 63.1	Bq/l
日常食	宮城県 利府町	H14.6, 9月	2	ND	ND	ND ~ 0.062	45	47	41.1 ~ 59.1	Bq/l
				0.025	0.12	0.024 ~ 0.073	66	78	45.1 ~ 88	Bq/人・日
海産物	宮城県 女川町	H14.7, 11月	2	ND	0.050	ND ~ 0.148	79	86	48 ~ 120	Bq/人・日
				0.070	0.070	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-31 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 mm厚
分解能	FWHM = 1.90 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	51.1 %
測定容器	U8

大型水盤型式	石巻精機製、直径80cm、深さ40cm
材質及び厚み	ステンレス製、3 mm
受水面積	5005cm <sup>2</sup>

試料番号	採取期間 年月日～年月日	採取日数	採取場所		降水量 (mm)	採取量 (L)	供試量 (L)	備考	
			住所	緯度 (度分秒)					経度 (度分秒)
02F00023	2002/04/01;2002/05/01	31	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	44.5	11.1	11.1	
02F00049	2002/05/01;2002/06/03	34	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	121.0	37.5	37.5	
02F00081	2002/06/03;2002/07/01	29	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	92.0	35.7	35.7	
02F00094	2002/07/01;2002/08/02	33	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	321.5	147.6	147.6	
02F00114	2002/08/02;2002/09/04	34	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	61.0	6.76	6.76	
02F00126	2002/09/04;2002/10/01	28	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	101.0	52.75	52.75	
02F00137	2002/10/01;2002/11/01	32	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	121.5	72.46	72.46	
02F00159	2002/11/01;2002/12/02	32	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	78.5	48.91	48.91	
02F00173	2002/12/02;2002/12/27	26	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	24.5	36.75	36.75	
02F00181	2002/12/27;2003/01/31	36	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	119.5	82.96	82.96	
02F00189	2003/01/31;2003/03/03	32	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	94.0	74.75	74.75	
02F00217	2003/03/03;2003/03/31	29	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力砂ヶ屋上	38:26:46	141:26:59	72.5	43.6	43.6	

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 <sup>2</sup> )	K-40 (MBq/km <sup>2</sup> )	CS-137 (MBq/km <sup>2</sup> )	
02F00023	2002/06/11	80000	70 ± 0.72	2.1 ± 0.24	0.076 ± 0.016	
02F00049	2002/06/27	80000	140 ± 0.88	1.0 ± 0.23	N.D	
02F00081	2002/08/30	80000	110 ± 0.99	0.79 ± 0.15	N.D	
02F00094	2002/08/30	80000	93 ± 0.75	N.D	N.D	
02F00114	2002/10/02	80000	N.D	0.64 ± 0.15	N.D	
02F00126	2002/10/16	80000	150 ± 0.83	N.D	N.D	
02F00137	2002/12/20	80000	170 ± 1.2	4.4 ± 0.30	N.D	
02F00159	2002/12/26	80000	100 ± 0.74	0.85 ± 0.16	N.D	
02F00173	2003/02/20	80000	39 ± 0.64	N.D	N.D	
02F00181	2003/02/21	80000	110 ± 0.76	0.90 ± 0.23	N.D	
02F00189	2003/03/17	80000	130 ± 0.82	N.D	N.D	
02F00217	2003/05/13	80000	75 ± 0.77	2.0 ± 0.24	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」とすること。







表-34 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(1)

ゲルマニウム半導体検出器	ORTEC GMX-45200
遮蔽体	150 mm厚
分解能	FWHM = 1.90 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	51.1 %
測定容器	U8容器 (U8) 又はマリネリーカ (M)

試料番号	試料名	種類	部位	採取年月日	採取場所			測定試料 形態	灰分	供試量 (g)	備考
					住所	緯度 度分秒	経度 度分秒				
02VG0134	穀類	米	精米	2002/10/15	宮城県石巻市井内	38:26:45	141:17:48	生, M	-	1767	
02VG0052	葉菜類	ほうれんそう	葉	2002/06/03	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1	38:19:40	140:59:06	灰, U8	3.221	59.35	
02VG0117	根菜類	だいこん	根	2002/09/04	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1	38:19:40	140:59:06	灰, U8	0.70	23.61	
02MP0053	魚類	かれい	全体	2002/06/03	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1	38:19:40	140:59:06	灰, U8	3.61	80.73	

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/kg生)	K-40 (Bq/kg生)	Cs-137 (Bq/kg生)	
02VG0134	2003/01/19	80000	N. D	26 ± 0.47	N. D	
02VG0052	2002/11/22	80000	N. D	350 ± 1.5	N. D	
02VG0117	2002/10/04	80000	0.25 ± 0.050	76 ± 0.38	0.017 ± 0.005	
02MP0053	2002/11/23	80000	N. D	100 ± 0.72	0.070 ± 0.011	

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-36 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 mm厚
分解能	FWHM = 1.90 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	51.1 %
測定容器	マリネリビニール

試料番号	試料名	種類	採取年月日	採取場所		測定試料 形態	供試量 (L)	備考
				在所	経度 (度分秒)			
02M10030	牛乳	原乳	2002/05/13	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10060	牛乳	原乳	2002/06/10	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10091	牛乳	原乳	2002/07/16	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10100	牛乳	原乳	2002/08/08	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10120	牛乳	原乳	2002/09/11	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10128	牛乳	原乳	2002/10/17	宮城県玉巻郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10054	牛乳	市販乳	2002/06/03	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1	宮城県畜産試験場	生	2.00	
02M10118	牛乳	市販乳	2002/09/04	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1	宮城県畜産試験場	生	2.00	

試料番号	測定年月日	測定時間 (秒)	核種別放射能濃度 (Bq/L)				
			Be-7	K-40	I-131	Cs-137	
02M10030	2002/05/13	80000	N.D	52 ± 0.61	N.D	N.D	
02M10060	2002/06/10	80000	N.D	49 ± 0.60	N.D	N.D	
02M10091	2002/07/16	80000	N.D	50 ± 0.60	N.D	N.D	
02M10100	2002/08/08	80000	N.D	52 ± 0.62	N.D	N.D	
02M10120	2002/09/11	80000	N.D	48 ± 0.59	N.D	N.D	
02M10128	2002/10/17	80000	N.D	49 ± 0.60	N.D	N.D	
02M10054	2002/06/03	80000	N.D	47 ± 0.59	N.D	N.D	
02M10118	2002/09/04	80000	N.D	45 ± 0.57	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 20 巻 2002年

平成 15 年 12 月 20 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

---