

宮城県原子力センター一年報

第 22 卷

平成 16 年

ANNUAL REPORT

OF

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY
RESEARCH INSTITUTE OF MIYAGI

VOL.22 (2004)

宮城県原子力センター

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. レスポンスマトリクス法を活用した人工放射線寄与量の測定 に関する検討 (4)	5
木立 博、木村昭裕、石川陽一、三浦英美	
2. 放射性物質の広域的拡散に関する基礎解析 (3)	17
木立 博、木村昭裕、三浦英美	
3. 降下物及び周辺土壌中の ¹³⁷ Cs、 ⁹⁰ Sr及びプルトニウム同位体間 の放射能比に関する一考察	30
石川陽一	

III 学会発表等の要旨

1. 学会発表	37
2. 誌上発表	37

IV 資 料

1. 環境試料の安定元素分析結果 (ICP法)	39
石川陽一	
2. 環境試料の放射化学分析結果	44
石川陽一	
3. 宮城県における環境放射能核種分析結果	50
(1) Ge半導体検出器による分析結果	53
(2) ⁹⁰ Sr分析結果	67
(3) ³ H分析結果	68
(4) 文部科学省委託調査結果	69

C o n t e n t s

Preface

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

II Papers

1. Some Investigations on Evaluating Contribution of Artificial Gamma-Ray in Measuring Environmental Gamma-Ray Dose-Rate (4)	5
<i>Hiroshi Kidachi, Akihiro Kimura, Yoichi Ishikawa and Hidemi Miura</i>	
2. Fundamental Analysis of Diffusion of the Radionuclides in the Atmosphere (3)	17
<i>Hiroshi Kidachi, Akihiro Kimura and Hidemi Miura</i>	
3. A Study on Radioactivity-Ratio among ^{137}Cs , ^{90}Sr and Plutonium-Isotopes in Fallout and Soil Samples	30
<i>Yoichi Ishikawa</i>	

III Abstracts

1. Conferences	37
2. Papers	37

IV Data

1. Results of Stable Element Analysis by ICP method.	39
<i>Yoichi Ishikawa</i>	
2. Results of Radiochemical Analysis of Environmental Samples.	44
<i>Yoichi Ishikawa</i>	
3. Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples.	50
(1) Results of Gamma-ray Spectrometry with Ge-detectors.	53
(2) Results of ^{90}Sr Analysis.	67
(3) Results of ^3H Analysis.	68
(4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture.	69

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17年4月1日現在)

職名(担当)		氏 名	配属年月日
所 長		佐藤信俊	H 17. 4. 1
技術副参事兼次長(総括担当 兼監視測定班長)		三浦英美	H 16. 4. 1
次長(庶務担当)		菊地梅雄	H 16. 4. 1
主 事		木村由紀子	H 17. 4. 1
監視測定班	総括研究員	石川陽一	S 56. 4. 1
	技 師	木立 博	H 11. 4. 1
	技 師	木村昭裕	H 16. 4. 1
	技 師	面川和信	H 15. 4. 1

5 主要設備・機器 (重要物品)

2005年3月31日現在

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考	
監視・測定用	1	フレームスキャンコンバータ	1式	H.1	環境放射線監視システム用	
	2	可搬型モニタリングポスト	3台	H.16		
	3	気象測器	6式	H.15	女川、飯子浜、小屋取、寄磯、鮫浦、谷川 各MS用	
	4	粉じん計	1台	H.15		
	5	環境放射線監視システム	富士通	1式	H.13	
	6	監視データ二重化システム	富士通	1式	H.12	テレメータシステム
	7	小積MSテレメータ装置	富士通	1式	H.12	
	8	電離箱式放射線監視装置	アロカ、RIC-338他	7式	H.12	
	9	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
	10	低バックグラウンド・ガスカウンタ	アロカ、LBC-4202	1台	H.15	2πガスフローカウンター
	11	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
	12	球形可搬型パケット	ヒロヤ、EG&G、C76B/2-X	1式	H.7	
	13	環境放射線実験装置	Epson、Endeavor AT-3600	1式	H.7	
	14	ラドンモニター	Genitron製、AlphaGuard PQ2000型他	2式	H.10	
	15	原子吸光度計	日立、Z-5010	1台	H.11	
	16	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)
	17	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
	18	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
	19	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
	20	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
	21	交流無停電電源装置 (入出力インターフェイス監視電池)	ユアサ、STL-A-200他	1式	H.11	テレメータシステム他用
	22	TLD標準照射装置	千代田保安用品、CD-1527T型	1台	S.55	
	23	熱蛍光線量読取装置	松下電器産業、UD-5160Pほか	1台	H.15	
	24	ガン線ボトムパケットカメラ	アロカ、JSM-102	1台	H.2	
	25	パケットカメラ	アロカ、SS-7	1式	H.2	
	26	液体シンチレーションカウンタ	アロカ、LSC-LB 5	1台	H.13	
	27	蒸発濃縮装置	ヒロヤジャパン、LACE-002-5	1式	H.7	
	28	電気灰化炉	ヒロヤジャパン、KH-20R	1式	H.7	
	29	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	
	30	計測室Geシステム用データ処理システム	デル・コンピュータ、Power Edge 600SCほか	1式	H.15	

5 主要設備・機器 (重要物品) -続-

区分	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
監視・測定用	31 可搬型Ge検出器システム	キャンベラ社、GR-1528型Ge検出器ほか	1式	H.15	
	32 蛍光X線装置	スクリプス社Panalalycal、Epsilon5	1台	H.15	
	33 小型貨物自動車	ニッサン、パネット、1780cc	1台	H.15	検体採取車
	34 移動観測車	マツダ、ボンゴ、1788cc	1台	H.12	
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 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」	(株)乃村工藝社、TH36HDI1他	1式	H.3	
	4 展示用パネル「安全対策」	(株)乃村工藝社	1式	H.3	ガラス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」	(株)乃村工藝社	1式	H.3	ガラスパネル
	6 放射線と放射能	(株)乃村工藝社	1式	H.3	ガラスパネル及びロボットシステム
	7 ハイビジョンシステム	コセキ(株)、TH-HDI300CA	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 放射線実験コーナー	日本タイムシエア(株)	1式	H.5	パネルその他
	10 ジオラマ	(株)乃村工藝社	1台	H13	
	11 広報展示用トランスギヤリ-ガラスパネル	(株)乃村工藝社	1式	H.3	
その他	1 小型乗用自動車	トヨタ、RAV4、1990cc	1台	H.12	原子力防災対策車
	2 中央監視室空調機	富士電気総設 FDCJ160A2	1台	H.13	
	3 自家用ディゼル発電装置	日立製作所 BDE-180E	1台	H.13	

II 研究論文

レスポンスマトリクス法を活用した人工放射線

寄与量の測定に関する検討(第4報)

木立博、木村昭裕、石川陽一、三浦英美

レスポンスマトリクス法を用いた指標線量率算出過程で得られるデータの解析結果から、降水時における指標線量率の変動には推定 BG 線量率の構成成分である偏回帰係数 β_1 が関与していることが示唆された。 β_1 を補正することにより指標線量率変動を解消又は緩和できたが、 β_1 の他にも指標線量率の変動発生に関与する原因があることが考えられた。

I はじめに

宮城県原子力センターでは、女川原子力発電所からの影響の有無を判断するために発電所周辺(牡鹿半島周辺)に設置した自動測定局で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降水等の気象現象の影響を受けて、しばしば平常の変動幅を超過することがあるため、当センターでは降水による変動の少ない指標線量率(人工放射線寄与量)も併用して監視を行っている。

指標線量率とは、式1に示すように空間ガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス法(応答行列法)¹⁾で処理して得られるガンマ線線量率(以下 RM 線量率という)から、天然放射性核種寄与分(推定バックグラウンド線量率、以下、推定 BG 線量率と略す)を差し引いて得られる値である²⁾。この方法によって算出される指標線量率は人工ガンマ線の照射量に対し概ね正確な値を示し、微量の人工ガンマ線も検出できる²⁾。例えば、チェルノブイリ事故の影響や測定局付近で行われた X 線検診の影響が検出された例があり^{3), 4)}、ガンマ線線量率上昇の原因究明に有効であると考えられる。また、空間ガンマ線線量率が降水等の気象現象の影響により大きく変動するのに対し、指標線量率は降水の影響がほとんどなく、変動の幅が小さい^{2), 5)}。

$$(\text{指標線量率}) = (\text{RM 線量率}) - (\text{推定 BG 線量率}) \quad (\text{式1})$$

しかし、長期間の指標線量率データを解析した結果では、人工放射線の影響がない場合でも数 nGy/h 程度の変動が認められる場合がある⁵⁾。これらの変動は6パターンに分類され、指標線量率の算出方法が原因となる変動パターンやエネルギー/チャンネル・キャリブレーションの不具合による変動については、それぞれ算出プログラムの修正等により変動の発生が抑制された⁶⁾。

一方、降水時に発生する変動(降水影響型変動)については、発生頻度は低下したものの、解消するまでには至っていない。当システムによる空間ガンマ線監視の精度向上のためには、線量率が上昇する降水時変動の原因を明らかにする必要がある。前報⁶⁾では、降水影響型変動には推定 BG を構成する $\beta_1 U$ (β_1 : 偏回帰係数、 U : U 系列核種からの直接線の線量率) が関与している可能性があるとして報告した。

本報では最も変動が大きかった小積局を対象に降水影響型変動が認められた事例を中心に β_1 の変動原因について検討を行ったので報告する。

II 測定及びデータ処理方法

1 解析に用いたデータ

解析に用いたデータは、宮城県石巻市小積浜に設置した自動測定局(小積局)における NaI(Tl)シンチレーション検出器(Aloka製、3φ”×3”円筒形、下方2π鉛遮蔽付)による256チャンネルスペクトルデータ(2003~2004年の10分値、約10万個)及び感雨、降水量データ。降水量は小笠原計器製降水量計RS-222型、感雨は小笠原計器製感雨計NS-100型を用いた。

2 ガンマ線スペクトル処理及び推定BG算出

当センター環境放射線監視システムによりガンマ線スペクトルを自動処理して、以下に示す各数値を算出した。

線束密度スペクトル及びRM線量率は、NaI(Tl)シンチレーション検出器により測定したガンマ線スペクトルをレスポンスマトリクス法¹⁾により算出した。応答行列は中村のモンテカルロ計算結果を用いた²⁾。U系列核種、Th系列核種及び⁴⁰Kからの直接線の線量率の値は、各々線束密度スペクトルの1.69~1.84MeV、2.51~2.72MeV及び1.39~1.54MeVの領域の線束密度値がこれらの天然放射性核種からの直接線のみによるものと仮定し、これらの値と、地中に一様分布したと仮定して得られたU系列核種、Th系列核種及び⁴⁰Kの直接線による線束密度スペクトル³⁾の対応エネルギー領域の値との間の関係から算出した¹⁾。これら天然核種からの直接線の線量率とRM線量率の関係について、測定日の過去27日間の10分値から、9個に1個の割合で計432個を抽出し、U、Th、Kを独立変数、RM線量率を従属変数として重回帰分析し、偏回帰定数 β_0 及び偏回帰係数($\beta_1 \sim \beta_3$)を求め、式2により推定BGを算出した。

$$\text{推定BG} = \beta_0 + \beta_1 U + \beta_2 \text{Th} + \beta_3 K \quad (\text{式2})$$

U、Th、K; U系列核種、Th系列核種、⁴⁰Kからの直接線の線量率

$\beta_0, \beta_1 \sim \beta_3$; 過去27日間のデータを重回帰分析して求めた偏回帰定数及び偏回帰係数

III データ解析結果及び考察

1 検討のため抽出された変動事例

図1に2003年及び2004年度の小積局における指標線量率の変動を示す。図1に示した2年間で、降水時における指標線量率の変動が比較的大きかった事例9個を選び、図中に↓印で示した。表1には、それら9事例が発生した年月日と指標線量率の値の一覧と、併せて指標線量率変動が小さかった対象的な事例10を記載する(図1、表1)。

表1に示した10個の事例では、いずれも降水が認められているが、人工放射線の影響はなかった。指標線量率の事例1~6及び事例8、9は指標線量率が正の値となる変動であり、事例7は指標線量率の値が負の値となる変動である。

指標線量率はRM線量率と推定BG線量率の差で

表1 降水時に発生した主な指標線量率変動事例及び比較対照事例

	事例	発生年月日	変動の大きさ(nGy/h)	降水の有無
変動が大きい事例	1	'03/4/20	1.3	あり
	2	'03/10/14	0.8	あり
	3	'03/11/8	1.1	あり
	4	'04/1/23	1.1	あり
	5	'04/2/23	1.3	あり
	6	'04/3/6	2.2	あり
	7	'04/8/16	-0.9	あり
	8	'05/2/16	0.8	あり
	9	'05/3/17	1.6	あり
変動が小さい事例	10	'04/12/20	0.4	あり

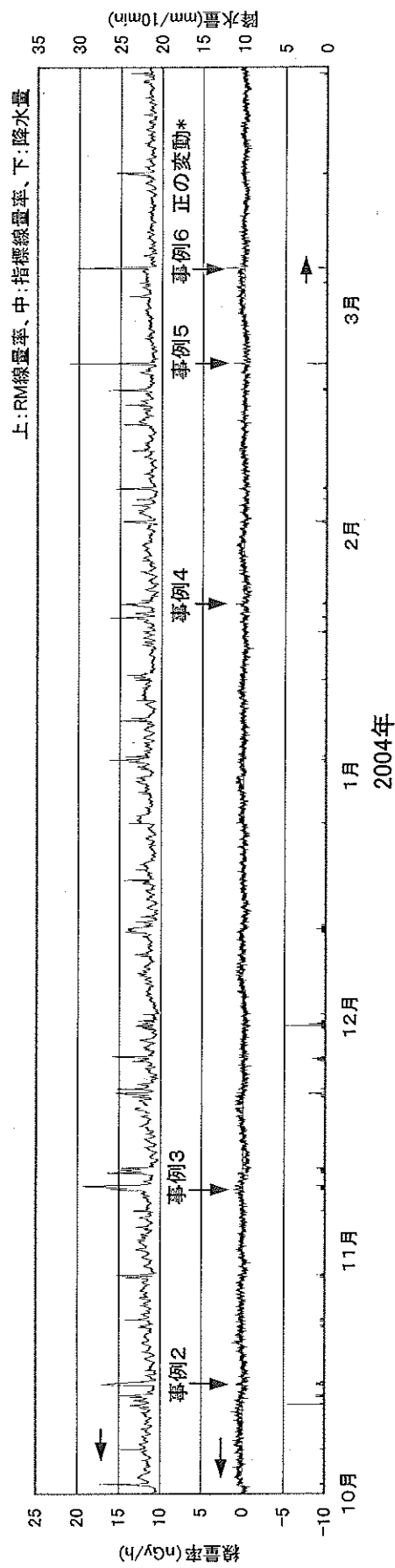
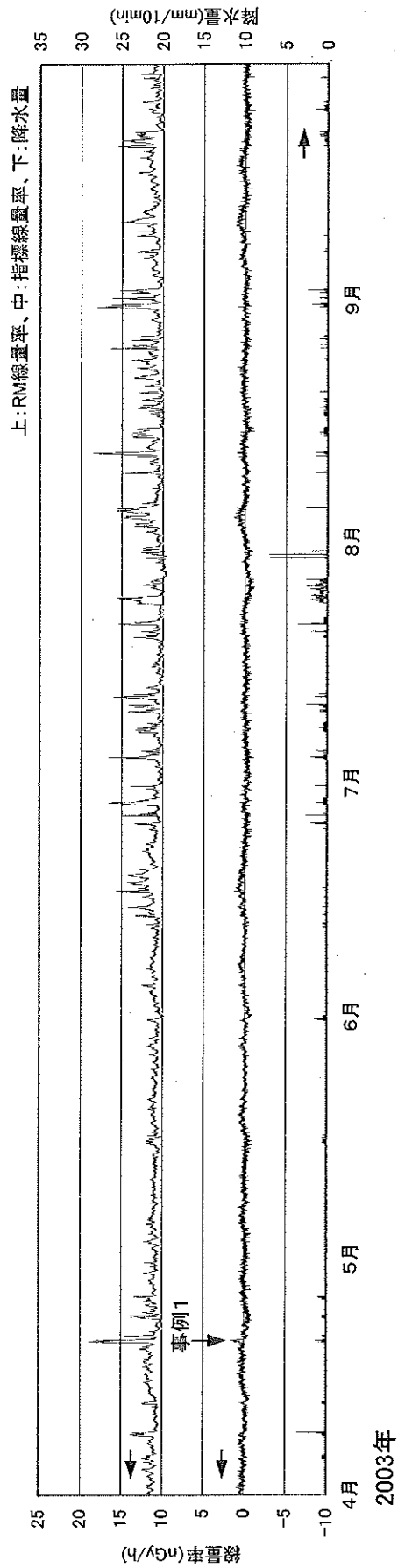


図1 小積局におけるRM線量率及び指標線量率の変動(2003年度)

* 事例6については図3の(a)に拡大図を示した。

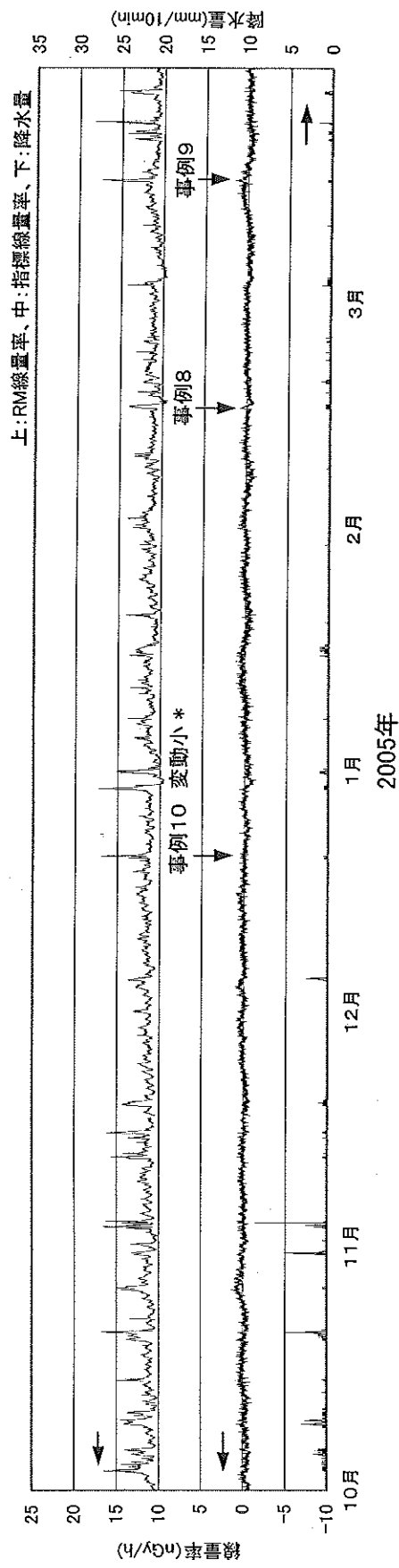
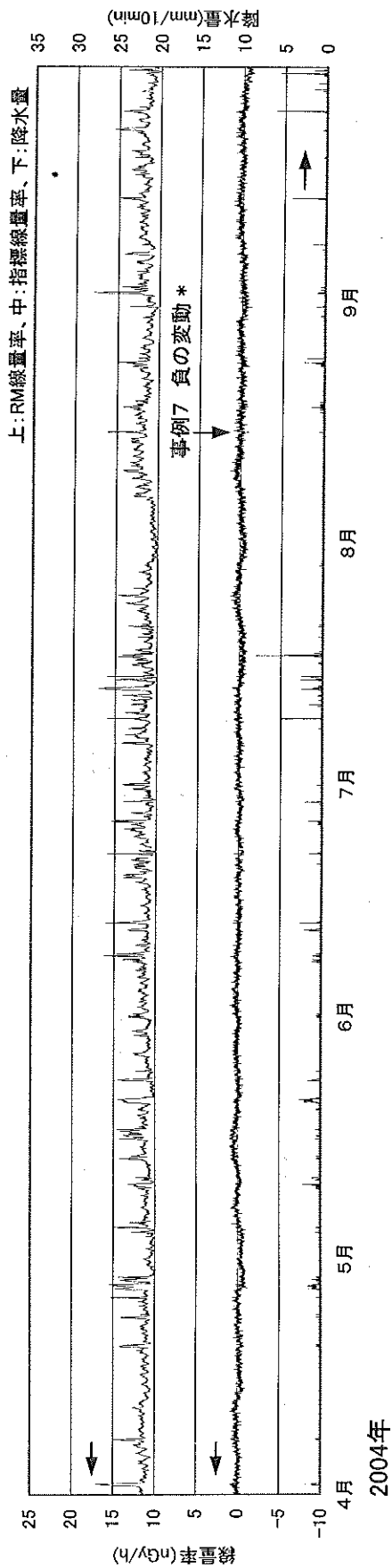


図1(続) 小積局におけるRM線量率及び指標線量率の変動(2004年度)
 * 事例7と事例10については、図3の(b)と(c)に拡大図を示した。

表される(式1)。指標線量率が正の変動(事例6)、負の変動(事例7)、及び変動が小さい事例(事例10)の3つの典型的変動パターンについて、RM線量率と推定BG線量率の関係を図2に示す。RM線量率を基準にした場合、指標線量率が正の変動を示した事例では推定BG線量率がRM線量率よりも小さい値に評価され(図2(a))、負の変動を示した事例では推定BG線量率がRM線量率よりも大きく評価されている(図2(b))。

これら3つの典型的な事例6、7及び10について、図3に指標線量率、 β_1U 、及び $\beta_0 + \beta_2Th + \beta_3K$ の変動の時系列グラフを示したが、いずれの事例においても、 $\beta_0 + \beta_2Th + \beta_3K$ の変動は指標線量率変動に比べ大きな変動が認められず、 β_1U は降水に伴って大きく変動している。

同じ事例について、図4には推定BG各項 β_1U 、 β_2Th 、 β_3K と指標線量率の相関関係を示したが、 β_2Th 、 β_3K の変動は小さく、指標線量率との相関は認められない。一方、指標線量率に正の変動がみられた事例6(図4(a)左図)では、 β_1U と指標線量率との間に正の相関関係が、指標線量率に負の変動がみられた事例7(図4(b)左図)では、負の相関関係となっているのが分かる。また、変動が見られなかった事例10では β_1U の変化に対して指標線量率の変動が認められない。

以上のことから、前報⁶⁾の結果と同様、指標線量率は、 β_1U すなわちU系列核種による線量率が大きく関与していることが分かる。

2 偏回帰係数 β_1 の変動と要因

偏回帰係数 β_1 の変動状況を表2にまとめた。また、図5に2003年度及び2004年度の β_1 の変動を示す。 β_1 の変動は、1.1程度から2.1程度の範囲で大きく変動し、2004年8月に2.09と最大値を示したが、平均値では2003年度が1.64、2004年度は1.65とほぼ同程度の値であった。

β_1 は過去27日間のデータを基に算出されるUの重回帰係数であるため、 β_1 の変動要因は過去27日間にさかのぼって検討する必要がある。

図5で認められた5月～6月の急激な β_1 の低下(1.1～1.2程度)について、その27日前の期間である2003年4月下旬から6月中旬の期間の降水等の状況を見ると(図1上段)、降水はほとんどなく、また降水によるRM線量率の上昇や指標線量率変動も発生していないことが分かる。

従って、この期間に重回帰計算に利用されたデータは非降水時特有のUによるRM線量率への影響が小さいデータであったためであり、結果的に β_1 の値も小さいものとなったことが分かる。

さらに、同期間の始めに急激に低下し、終わりに再び急激に上昇した原因については、降水時特有のUの増加に伴うRM線量率の増加が認められたデータが β_1 を算出する過去27日間のデータから外れたり、加わったりすることにより、重回帰計算結果に大きな影響を与えたためと考えられた。

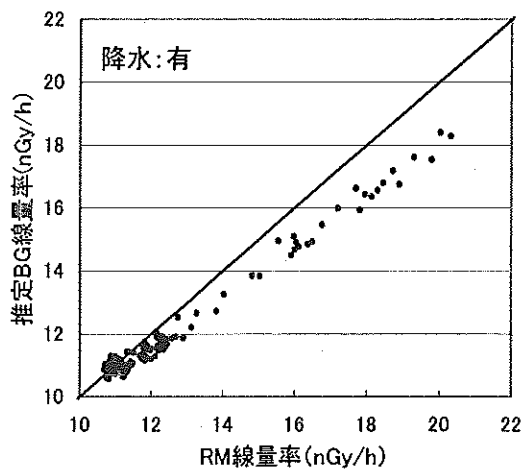
指標線量率変動が発生した事例2、4、6、8、9の数日前には β_1 の低下がみられるが、同様の理由による変動と考えられた。また、事例1～6、8、9では翌日に β_1 が上昇しているが、これも同様に、それぞれ事例の発生に寄与した降水のデータが加わったためと考えられる。

事例7がみられた2004年8月中旬から8月末までの期間では β_1 が通常(年度平均値)より上昇しており、この期間の β_1 を決定する7月中旬から9月末までの期間では降水がほとんどみられず、大気中のラドン娘核種の影響による線量率の日変動が認められる。この線量率の日変動が現れている期間のRM線量率とUの近似直線の傾きは1.9と大きく、降水時の傾きと比べても同等又はそれ以上の値であり、これが8月中旬から末までの期間の β_1 上昇に寄与していると考えられる。

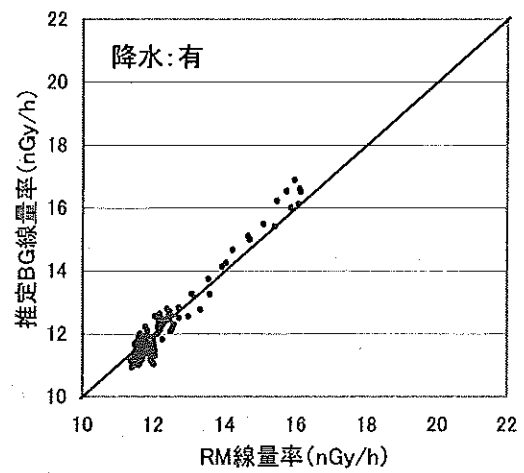
以上のように、 β_1 の値の変動は、偏回帰係数を算出するためのデータを採取した期間(過去27日間)の降水状況に依存している。 β_1 の変動原因としては、重回帰分析に用いられるデータが1日単位で追加、除外されるシステムとなっているため、過去27日間にRM線量率に対するUの寄与が

表2 小積局における β_1 の統計値

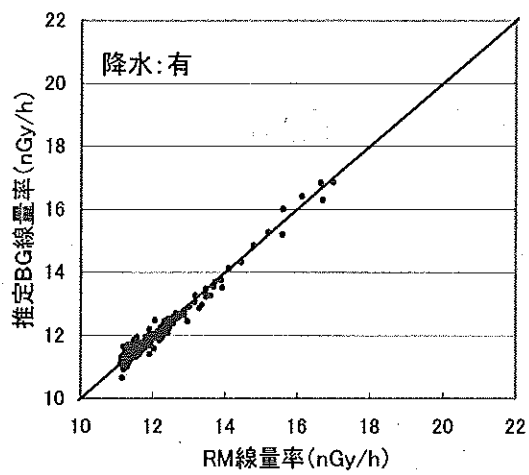
	2003年度	2004年度
平均値	1.64	1.65
最大値	1.83	2.09
最小値	1.06	1.06
標準偏差	0.15	0.13



(a) 事例6(2004年3月6日)
指標線量率: 正の変動

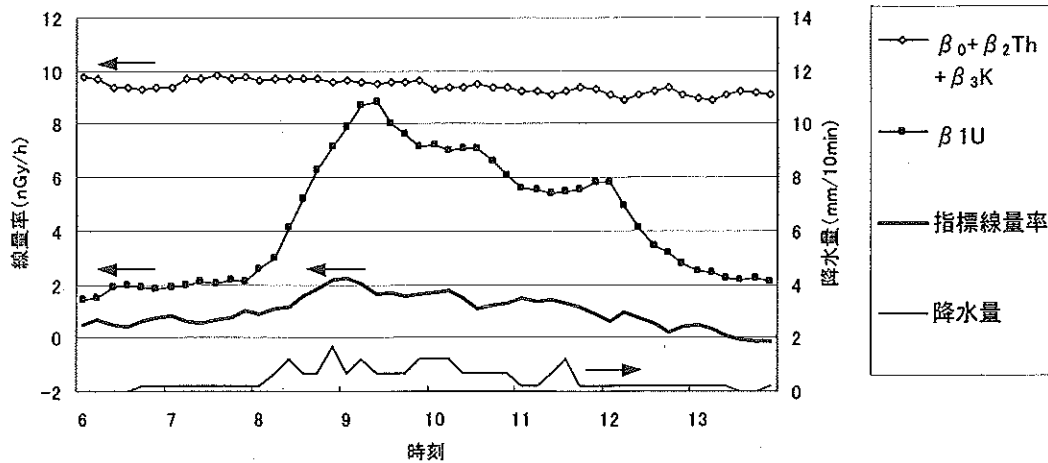


(b) 事例7(2004年8月15日)
指標線量率: 負の変動

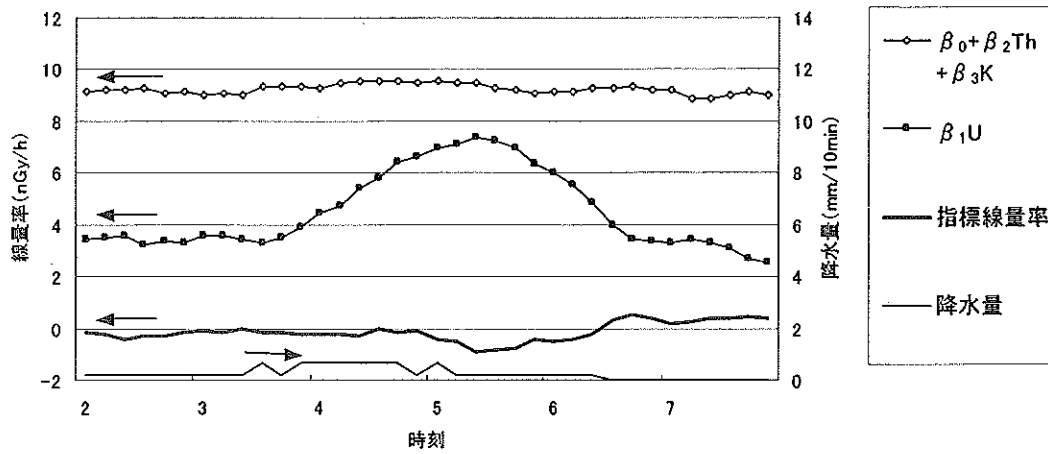


(c) 事例10(2004年12月20日)
指標線量率: 変動小

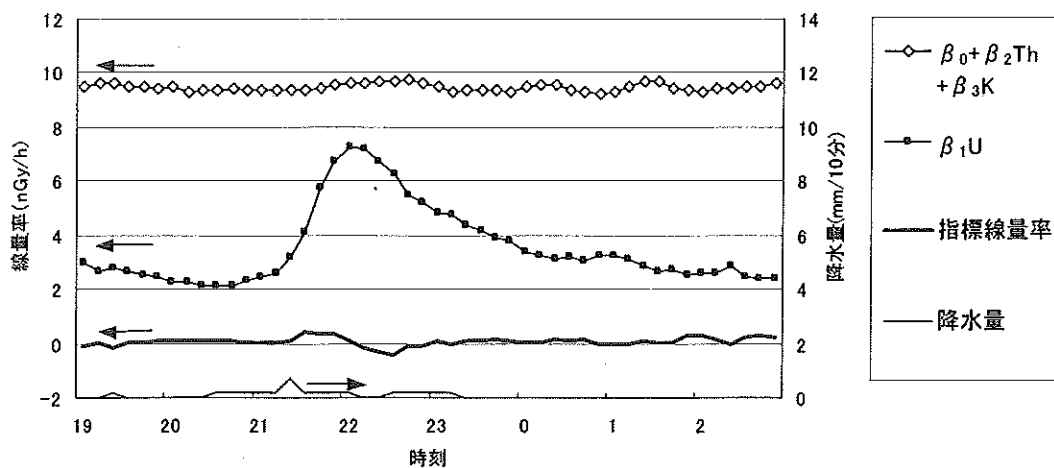
図2 指標線量率の3つの典型的変動パターンにおける RM線量率と推定BG線量率の関係



(a)事例6 (2004年3月6日)
指標線量率：正の変動

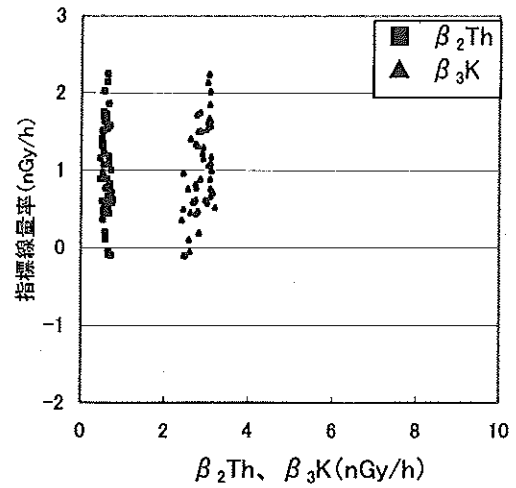
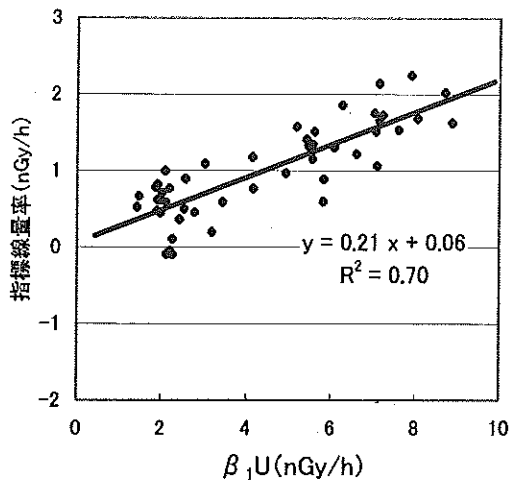


(b)事例7 (2004年8月15日)
指標線量率：負の変動

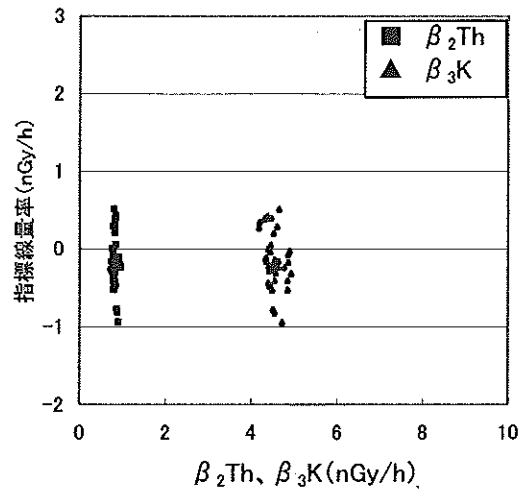
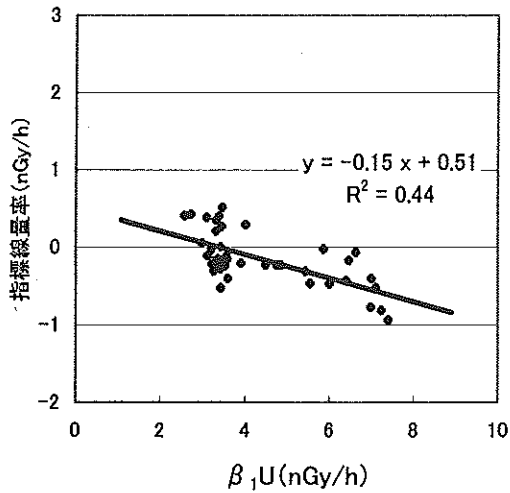


(c)事例10 (2004年12月20日)
指標線量率：変動小

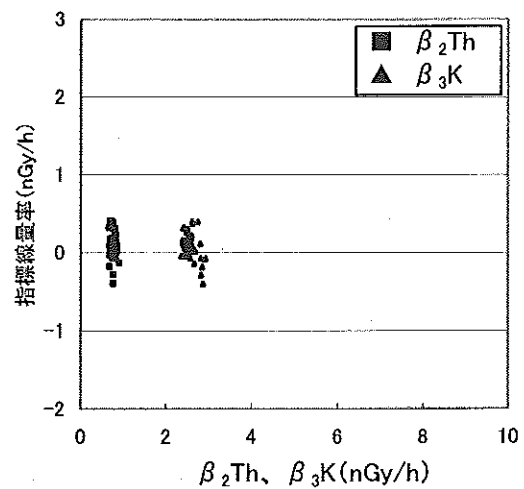
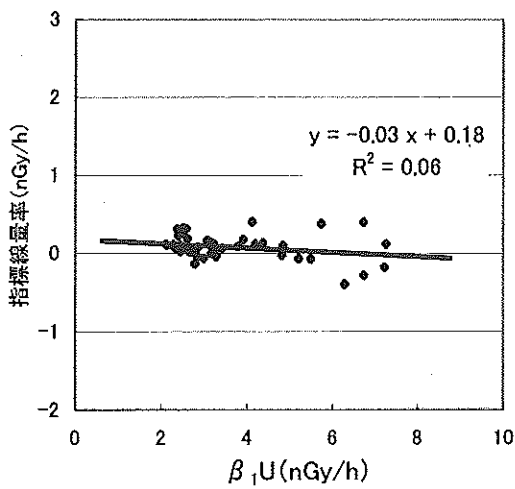
図3 指標線量率の3つの典型的変動パターンにおける β_1U その他の変動



(a)事例6(2004年3月6日)
指標線量率:正の変動



(b)事例7(2004年8月15日)
指標線量率:負の変動



(c)事例10(2004年12月20日)
指標線量率:変動小

図4 3つの典型的な変動パターンにおける指標線量率と β_1U 、 β_2Th 、及び β_3K との相関関係

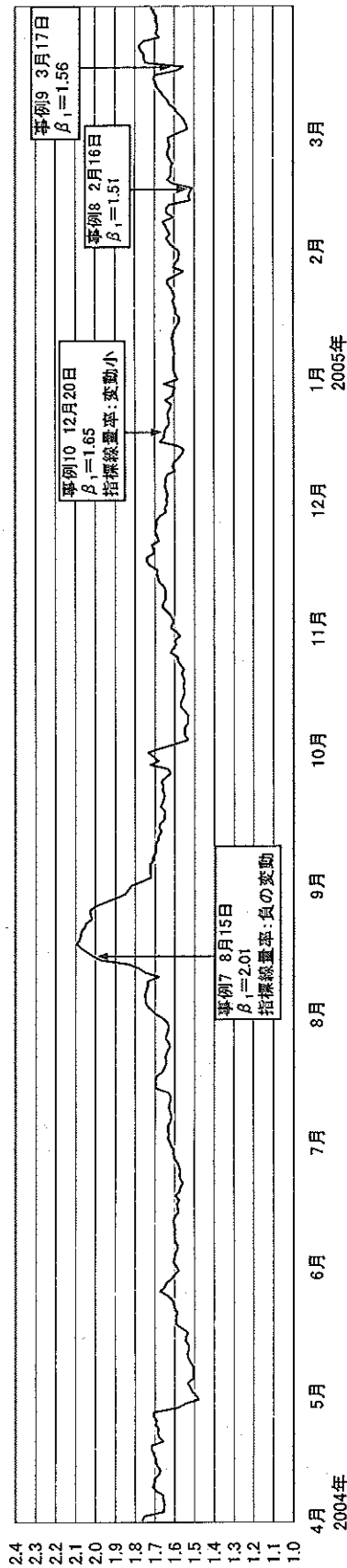
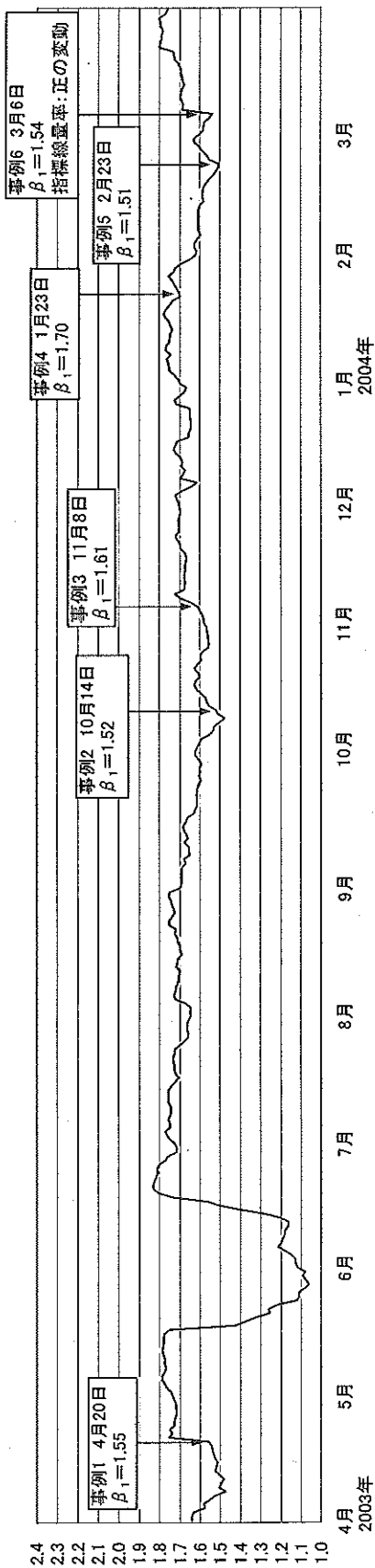


図5 小積局における β_1 の変動 (2003年4月~2005年3月)

異なる降水日のデータが1日分でも加わったり、逆に外れたりすることにより生じていることが考えられた。

以上を表3にまとめると、推定BG線量率を算出する(式2)及び指標線量率を求める(式1)から、 β_1 の値が平均値よりも小さい場合には β_1U が小さく、推定BG線量率も小さく評価され、その結果、指標線量率の値を増加させ、逆に、 β_1 の値が大きい場合には、推定BG線量率も大きく評価され、その結果、指標線量率が減少すると考えられる。

表3 β_1 の変動と指標線量率変動の傾向

β_1	β_1U	推定BG	指標線量率
小	小	小	増加
大	大	大	減少

3 β_1 の補正とその効果

β_1 の値が平均値から外れていた場合には、指標線量率変動を増加又は減少させる効果があることから、 β_1 を通常取りうる値、例えば平均値に置き換えることで指標線量率変動の補正を行うことが可能と考えられる。試みに β_1 の値を年度平均値に置き換えて指標線量率を求めた結果を表4に示す。指標線量率に正の変動があった8事例中の2事例(事例2、事例5)で変動がほぼ解消し、4事例(事例1、6、8、9)で変動が緩和した。これらの事例において、 β_1 の値は年度平均値よりも低い値をとっており、 β_1 の値を年度平均値(2003年度平均値:1.64、2004年度平均値:1.65)に置き換えることにより推定BG線量率も大きく補正されるため、その結果、指標線量率の値は減少する方へ補正されている。負の変動の事例7においても指標線量率変動は β_1 の補正によりほぼ解消された。この事例では β_1 が2.01と年平平均値と比べかなり大きな値であったため、年度平均値に補正したことにより推定BG線量率が低下し、その結果、指標線量率は増加する方へ補正されたためと考えられる。これらのことから、 β_1 の値を補正することにより指標線量率変動を解消又は緩和するのに効果があることがわかった。事例3と事例10ではほとんど影響がなかったが、これは β_1 の値が補正後の β_1 の年平均値とほぼ同程度であったためと考えられる。事例4では指標線量率の変動が逆に大きくなっているが、これは β_1 の値が若干低く補正されたことにより推定BG線量率も低くなったためと考えられる。

表4 偏回帰係数 β_1 の年平均値への置き換えによる指標線量率の補正

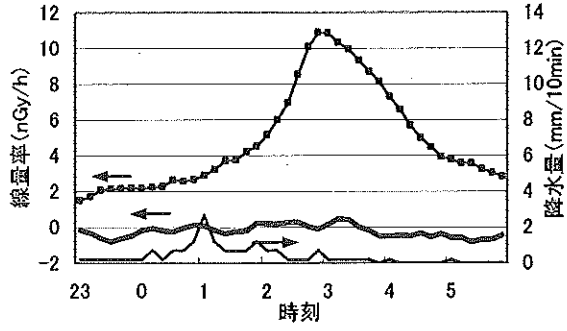
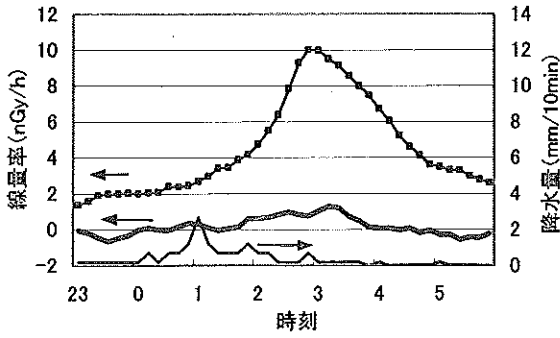
	発生年月日	補正前		補正後		β_1 補正の効果
		指標線量率の 最大値又は最 小値(nGy/h)	β_1 の値	指標線量率の 最大値又は最 小値(nGy/h)	β_1 の年 度平均 値	
事例1	'03/04/20	1.3	1.55	0.9	1.64	緩和
事例2	'03/10/14	0.8	1.52	0.3		ほぼ解消
事例3	'03/11/8	1.1	1.61	1.0		影響無し
事例4	'04/1/23	1.1	1.70	1.2		変動増大
事例5	'04/02/23	1.3	1.51	0.5		ほぼ解消
事例6	'04/3/6	2.3	1.54	1.7		緩和
事例7	'04/8/16	-0.9	2.01	0.4	1.65	ほぼ解消
事例8	'05/2/16	0.8	1.51	0.6		緩和
事例9	'05/3/17	1.6	1.56	1.2		緩和
事例10	'04/12/20	0.4	1.65	0.4		影響無し

事例5、6、7、4における指標線量率変動の補正の結果を図6に示す。図6の(a)と(b)には変動がほぼ解消又は緩和した事例5及び事例6のデータを時系列グラフで示した。(a)では指標線量率の変動傾向がかなり小さくなっているが、(b)では指標線量率の変動の大きさは緩和したものの、変動傾向は全く解消してはいない。図6の(c)では負の変動が解消したが若干の正の変動傾向が現れている。図6の(d)では指標線量率変動が逆に増大している。これらのことから、指標線量率変動の原因には主に β_1 の変動が関係しているものの、これとは別な要因も関与してRM線量率と推定BG線量率の差が生じていることが推測される。

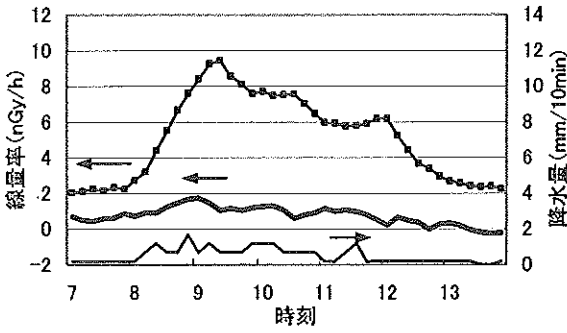
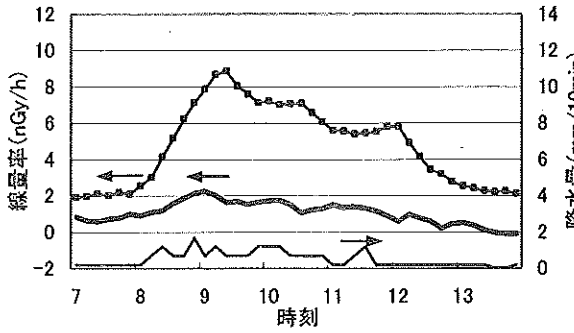
指標線量率変動に対する別な要因としては、線束密度スペクトルからU、Th、Kの値を算出する過程において、Uの評価に誤差が含まれれば β_1U の値、ひいては推定BG線量率の値に影響が与えるため、

補正前

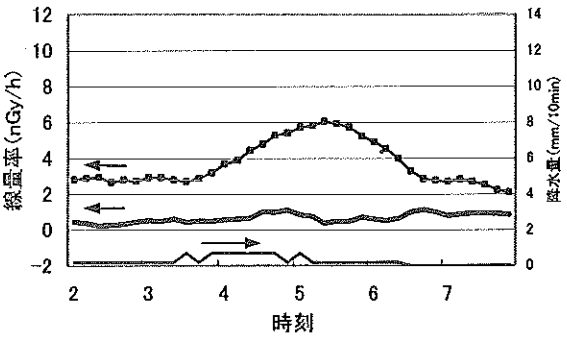
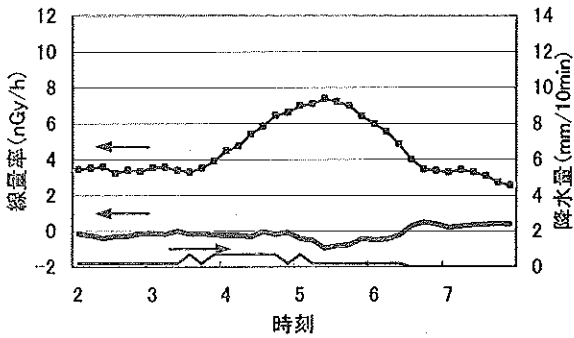
β_1 補正後



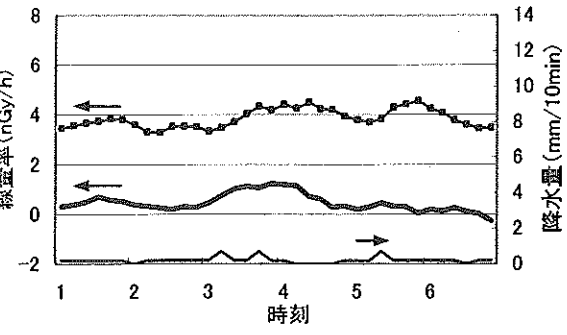
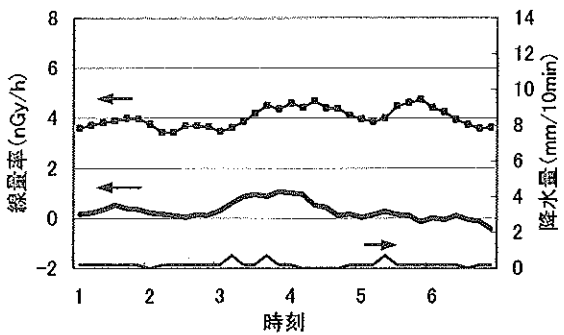
(a) 事例5(2004年2月23日)
指標線量率変動がほぼ解消した事例



(b) 事例6(2004年3月6日)
指標線量率変動が緩和した事例



(c) 事例7(2004年8月16日)
負の指標線量率変動がほぼ解消した事例



(d) 事例4(2004年1月23日)
指標線量率変動が増大した事例

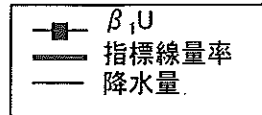


図6 偏回帰係数 β_1 の年平均値置き換えによる指標線量率の変動の補正結果

このことが指標線量率の変動に影響していることが考えられる。U、Th、Kの値は、U系列核種、Th系列核種及び⁴⁰Kが地中に一様分布したと仮定して得られているが、降水時は地中の他、降水によりもたらされたU系列核種(²¹⁴Pb及び²¹⁴Bi)が地表に分布するためにUの値に若干の誤差が含まれる可能性が考えられる。今後はこのことについての検討を行いたい。

IV まとめ

偏回帰係数 β_1 について解析を行った結果、以下のような結果が得られた。

- 1 降水時における指標線量率の変動の主な原因として、U系列核種に対する偏回帰係数 β_1 の値の変動が関与していることが確認された。
- 2 重回帰分析対象の過去27日間に、RM線量率に対するUの寄与が異なる降水日のデータが追加又は除外されることにより β_1 が大きく変動することが考えられた。
- 3 β_1 が大きく変動した場合に、降水時の推定BGが影響を受けて指標線量率変動が発生していることがわかった。
- 4 β_1 の値が年度平均値からはずれている場合、 β_1 の値の値を平均値に置き換えることにより指標線量率の変動が解消又は緩和された。
- 5 指標線量率の変動には β_1 以外の原因が考えられた。

今後は、線束密度スペクトルからU系列核種起因の直接線量率を算出する過程において指標線量率変動の発生原因が存在するかどうかについて検討を行いたい。

V 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) 今野達矢ほか, 宮城県原子力センター年報, 第19巻, 46-52(2001)
- 3) 佐藤健一ほか, 宮城県原子力センター年報, 第5巻, 39-45(1986)
- 4) 佐藤健一ほか, 宮城県原子力センター年報, 第9巻, 67-68(1990)
- 5) 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第20巻, 18-32(2002)
- 6) 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第21巻, 26-35(2003)
- 7) 中村栄一, 日本原子力学会誌, 25, 179-185(1983)
- 8) 中村栄一ほか, 宮城衛研年報, 第55号, 142-146(1980)

放射性物質の広域的拡散に関する基礎解析 (第3報)

木立博、木村昭裕、三浦英美

非降水時の空間ガンマ線線量率の上昇は、接地逆転層の形成により地表から発生した ^{222}Rn が地表近傍に滞留することにより生じると考えられるが、発生頻度が年に数回と稀な現象であるため、詳細な観測を行うことは困難である。そこで、牡鹿半島を中心とする領域の数値気象シミュレーション及び放射性物質の拡散シミュレーション等の手法により、線量率の日変動が現れている際の気象状況及び放射性物質の3次元的な分布と時間変化の詳細な解析を行い、線量率上昇への寄与の評価を行った。

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)で空間ガンマ線線量率の測定を行っている。空間ガンマ線線量率は通常はほぼ一定の測定値を示すが、気象現象の影響により値が上昇することがしばしば観測される。この現象の大部分は、大気中を浮遊する天然放射性核種である ^{222}Rn の娘核種 (^{214}Pb や ^{214}Bi) が降水に伴い雨滴に取り込まれ、地上にもたらされるためと考えられている。雨滴中の ^{214}Pb や ^{214}Bi の親核種である ^{222}Rn (半減期約 3.8 日) は、地中に存在する ^{226}Ra が壊変して生じ、地表から大気中に放出されたものである¹⁾。平成14年度及び平成15年度には、この現象に着目し、放射性物質の起源に関して、降水パターン及びバックトラジェクトリ解析等による調査を行った^{2) 3)}。一方で、非降水時にも空間ガンマ線線量率の上昇がみられる場合がある。非降水時の空間ガンマ線線量率の上昇は、接地逆転層の形成により地表から発生した ^{222}Rn が地表付近に滞留することにより生じる娘核種によるものと考えられる。接地逆転層とは、通常高度とともに低くなる気温が地表面付近で逆に高度とともに高くなる層のことで、夜間の放射冷却によって地表面付近の空気が冷えることや暖かい空気が冷たい海上を流れることでできるとされている⁴⁾。この層の形成は発生時期が限られ年に数回と稀な現象であるため、このときの空間ガンマ線線量率の上昇に関わる詳細な観測を行うことは困難である。

そこで、本年度は、牡鹿半島を中心とする領域を対象に数値気象シミュレーション及び放射性物質の拡散シミュレーション等の手法により、非降水時の空間ガンマ線線量率の上昇が現れている際の気象状況及び放射性物質の3次元的な分布と時間変化の詳細な解析を行い、線量率上昇への寄与の評価を行った。

II 方法

1 数値シミュレーション等実施対象事例の選別

本研究で数値シミュレーション等を行う対象事例を選定するため、以下に示す基準で過去の測定結果の抽出を行った。

- ・ 対象期間は、小積局設置以降の2001年4月～2004年9月とする。
- ・ 対象とするモニタリングステーションは、宮城県が管理する、女川、飯子浜、小屋取、鮫浦、谷川、小

積の7地点とする。

- ・ 牡鹿半島において前日 12:00～当日 11:50 までの 24 時間以内に降水・感雨が観測されていないこと。
- ・ 対象期間内で、同 24 時間以内の NaI 線量率の最大値と最小値の差(日較差)が大きい日を順に並べた場合、上位 20 日まで。

この条件による非降水日の NaI 線量率の日較差が大きい上位 20 日はすべて小積局で観測され、1 件を除き、6 月～9 月に観測された。また、非降水日の小積局における NaI 線量率の日最大値及び日最小値の出現時刻は、それぞれ 22 時～7 時(6～7 時がピーク)及び 15 時～21 時に出現する傾向があった。非降水日においては、過去 2 カ年の本研究で検討したような大陸性の気団の移動に伴うラドン濃度の上昇は想定し難く、またラドンの発生源が地表面であることから、このような NaI 線量率の顕著な日変化傾向は局地的なスケールの気象現象が関連していると想定される。

牡鹿半島の非降水日の NaI 線量率の日較差上位 20 日を表 1 に示す。対象期間内で、最も NaI 線量率の日較差が大きかったのは、小積局の 2004 年 7 月 25 日(7 月 24 日 12:00-25 日 11:50)で 4.7nGy の日較差があった。図 1 にこの日の NaI 線量率の時系列グラフを示す。

表 1 牡鹿半島における非降水日における NaI 線量率の日較差上位 20 日(すべて小積局で観測)

事例	年	月	日	NaI日最大値	NaI日最小値	日最大値 出現時刻	日最小値 出現時刻	NaI日較差
1	2004	7	25	21.7	17.0	4:20	19:10	4.7
2	2003	8	3	20.6	16.6	22:50	18:00	4.0
3	2003	8	23	20.5	16.7	6:20	19:00	3.8
4	2002	7	27	20.3	16.6	6:10	19:00	3.7
5	2001	7	24	21.5	17.9	22:40	7:20	3.6
6	2001	9	18	20.4	16.8	6:20	17:00	3.6
7	2004	7	7	21.1	17.6	6:40	18:00	3.5
8	2001	9	19	20.8	17.5	23:20	16:00	3.3
9	2002	1	15	20.2	16.9	8:10	14:00	3.3
10	2004	7	24	20.5	17.2	5:30	19:50	3.3
11	2003	6	19	21.4	18.1	6:40	18:10	3.3
12	2002	8	8	20.9	17.7	6:10	16:40	3.2
13	2003	9	10	19.8	16.7	19:10	2:20	3.1
14	2004	8	7	20.4	17.3	23:30	18:20	3.1
15	2002	8	6	20.8	17.8	3:50	11:30	3.0
16	2002	8	7	20.9	17.9	7:00	12:20	3.0
17	2002	8	30	19.9	16.9	8:10	18:00	3.0
18	2004	8	9	20.1	17.2	6:00	18:10	2.9
19	2002	9	4	20.4	17.5	7:00	18:30	2.9
20	2004	6	18	19.7	16.9	6:10	17:50	2.8

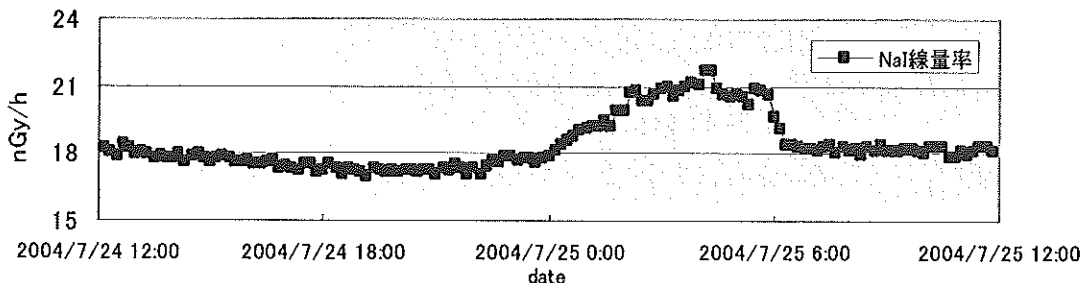


図 1 事例 1: 2004 年 7 月 25 日(7 月 24 日 12:00-25 日 11:50)の NaI 線量率の時系列グラフ

2 数値気象シミュレーション

本研究では、数値気象シミュレーションモデルとして、株式会社 CRC ソリューションズが開発した局地気象評価予測システム(Local Circulation Assessment and Prediction System; LOCALS™)を用い、水平 150m メッシュで NaI 線量率の日較差が大きいときの気象現象を考慮した気流・気温データの作成を行った。図 2 に LOCALS™ の概念図を、表 2 にはその概要を示す。

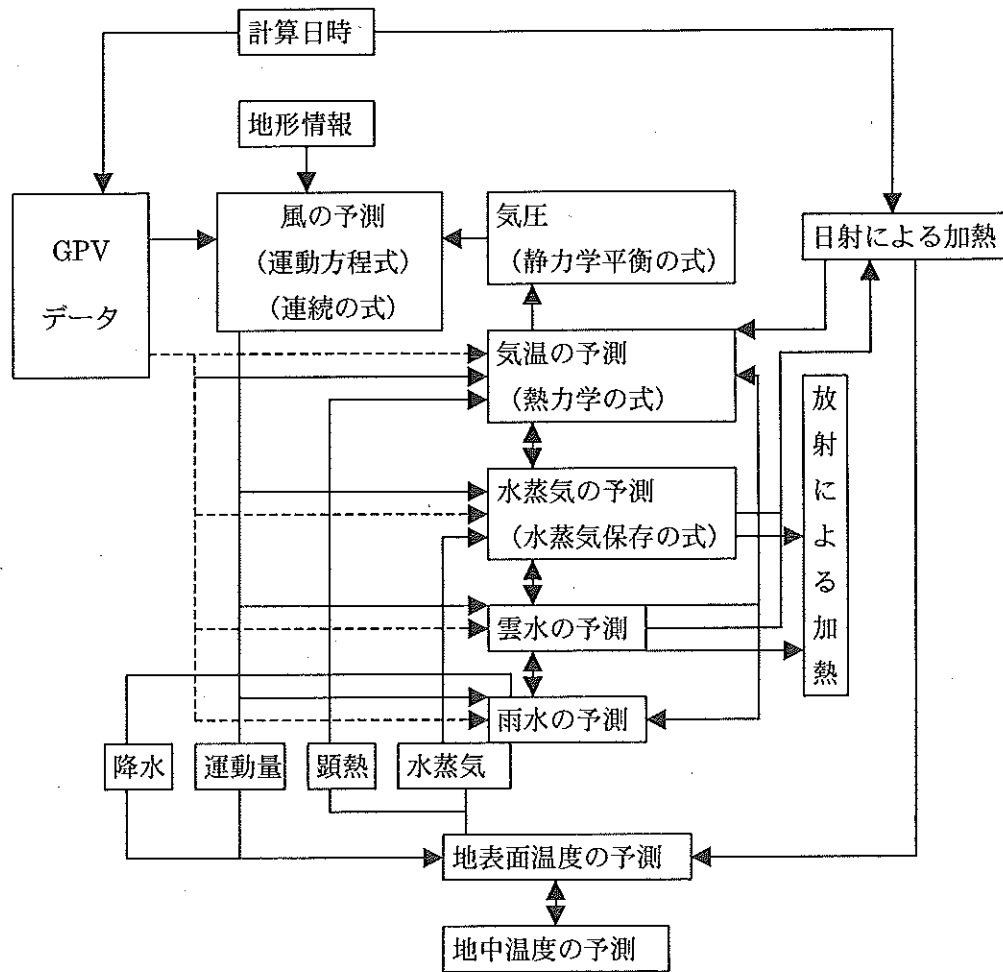


図2 LOCALS™の概念図

表2 気象シミュレーションモデル LOCALS™の概要

基本方程式系	非静力学完全圧縮方程式系または静力学完全圧縮方程式系
水平座標系	ポーラステレオ座標系
鉛直座標系	地形準拠座標系(z*系)
乱流モデル	Mellor-Yamada level 2.0
地表面過程	地表面多層熱伝導モデル(陸上)、強制復元法(海上)
接地境界層	Monin-Obukhov の相似則
短波放射過程 (太陽放射)	雲の散乱・吸収(STEPHENSの方法)、オゾンによる吸収(Lacis & Hansen, 分布は GREEN の関数)、空気分子による散乱(Kondratyev)、水蒸気による吸収(MaCumber)を考慮
長波放射過程	水蒸気の射出率(Atwater)、CO ₂ の射出率(Kondratyev)を考慮
降水過程	Lin の COLD RAIN モデル(雲水、雨、雲氷、雪、霰を考慮)
初期条件	親モデルの初期値の空間内挿
境界条件	Sponge Layer(拡散 Damping、Rayleigh Damping)
空間差分	エネルギー保存スキーム(菊池・荒川)
時間差分	Euler-Backward と Implicit 法の併用、非静力の場合 time split を使用

本研究における数値気象シミュレーションは、図3に示す解析対象領域において、表3の設定により行った。また、気象シミュレーションに用いた入力データを表4に、気象庁 RSM-GPV (Regional Spectral Model-Grid Point Value : 領域モデル-格子点値) の概要を表5に示す。

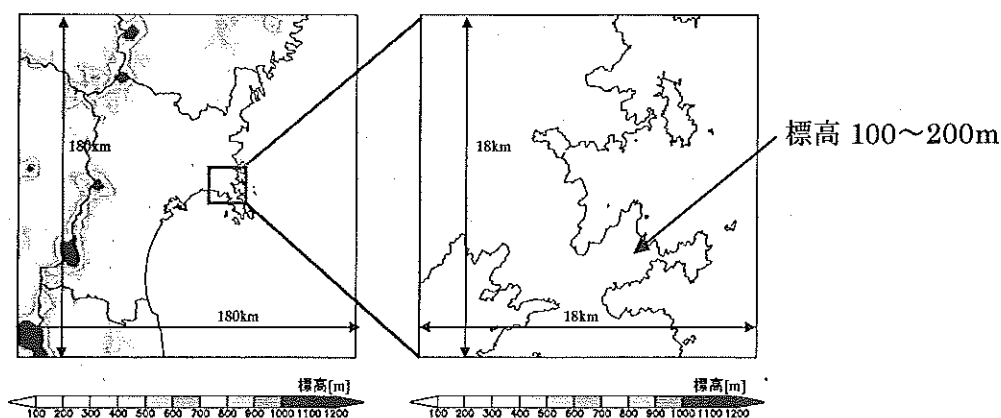


図3 気象シミュレーションの対象領域(左図:広領域、右図:狭領域)

表3 数値気象シミュレーションの設定

項目	設定	
	広領域	狭領域
計算領域	東西方向:180km 南北方向:180km 鉛直方向:0m~8500m	東西方向:18km 南北方向:18km 鉛直方向:0m~5500m
メッシュ間隔	水平方向:3km 鉛直方向:20m~1000m (不等間隔)	水平方向:150m 鉛直方向:10m~1000m (不等間隔)
メッシュ数	東西方向:61 南北方向:61 鉛直方向:18	東西方向:150 南北方向:150 鉛直方向:16
タイムステップ	10 秒	1.8 秒
計算時間	36 時間	36 時間

表4 気象シミュレーションの入力データ

項目	名称	内容
標高データ	国土地理院数値地図	50m メッシュの標高データ。
土地利用データ	国土地理院 1/10 細分区画土地利用データ	約 100m メッシュ 地表面を田、畑等の区分に分類
気象データ (広領域数値シミュレーションのみ)	気象庁 RSM-GPV	気象庁が作成する東アジアの格子状データ。水平風、気温、湿度、ジオポテンシャル高度などのデータが含まれる(詳細は表5参照)。

表5 気象庁 RSM-GPV の概要

項目	内容	
初期時刻	00UTC,12UTC(日本時間 9 時,21 時)	
予報時間	00UTC 初期値:51 時間(3 時間間隔) 12UTC 初期値:51 時間(3 時間間隔)	
領域	東経 120-150 度、北緯 20-50 度	
格子系	西 0.25x 南北 0.20 度格子	
物理量	地上	海面更正気圧、地表面気圧、水平風、気温、相対湿度、積算降水量
	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

3 拡散シミュレーション

本研究における拡散シミュレーションは表 6 の諸条件により、表7の入力データで解析を行った。

表 6 拡散シミュレーションに用いた諸条件

項目	設定条件	検討項目
粒子数	300,000 個	粒子の放出場所は陸地全域であるため、十分に多くの粒子を必要とする。粒子の数が膨大なため、計算時間は長い。
格子間隔(水平)	150m	狭領域気象シミュレーションと同様とする
格子間隔(鉛直)	10~1000m(不等間隔)	狭領域気象シミュレーションと同様とする
放出高度	5m	ラドンの発生源は地表面であるため、拡散シミュレーションの最下層を放出高度とする。
タイムステップ	5 秒	最大 30m/s の風を想定し、格子間隔より試算。 対象日は静穏な日であるため、十分妥当である。
拡散係数	Pasquill-Gifford チャートに基づき設定	拡散係数は Pasquill-Gifford チャートにより設定した。なお、拡散幅を決める手法としては、Briggs(1973)や Gifford(1982)があるが、最も一般的である手法を用いた。ただし、大気安定度は数値気象シミュレーション結果より算出した。

表7 拡散シミュレーションの入力データ

項目	名称	内容
地形データ	国土地理院数値地図	50m メッシュの標高データ。
気流データ	狭領域数値気象シミュレーション結果	LOCALS™ を用いて行った数値気象シミュレーション結果(150m メッシュ)。
降水データ		
放出時刻	常時陸上全域から放出	—

III 結果

本研究では、前述の牡鹿半島における非降水日における NaI 線量率の日較差上位 20 日のうち、2 日連続している 2001 年 9 月 18 日、19 日の事例及び 2004 年 7 月 24 日、25 日の事例について解析を行った。このうち、2001 年 9 月 18 日、19 日の事例についてのみその結果を示す。

1 2001年9月18日、19日の事例の数値気象シミュレーション

気象シミュレーションは、2001年9月17日9時から2001年9月19日9時の間で行った。なお、鉛直断面を取った位置は図4のとおりである。

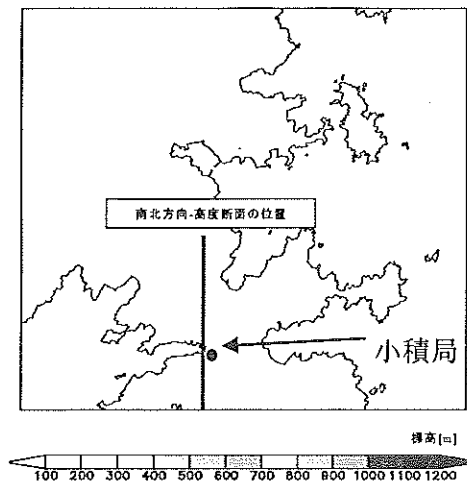


図4 南北方向の断面の位置

図5に18日6時から21時までの3時間ごとの狭領域数値気象シミュレーションによる牡鹿半島周辺の地上高10mにおける気温と水平風の分布を示す。図中のカースケールが気温、矢印が水平風を表す。なお、点線は100m間隔の等高線である。

図6に18日0時から21時までの3時間ごとの小積局周辺の気温、及び水平風の南北方向-鉛直断面図を示す。図中において、縦軸は海拔高度[m]を表し、横軸は狭領域シミュレーションの格子番号であり、灰色の領域は南北断面の地形である。小積局は中央付近の谷に位置する。

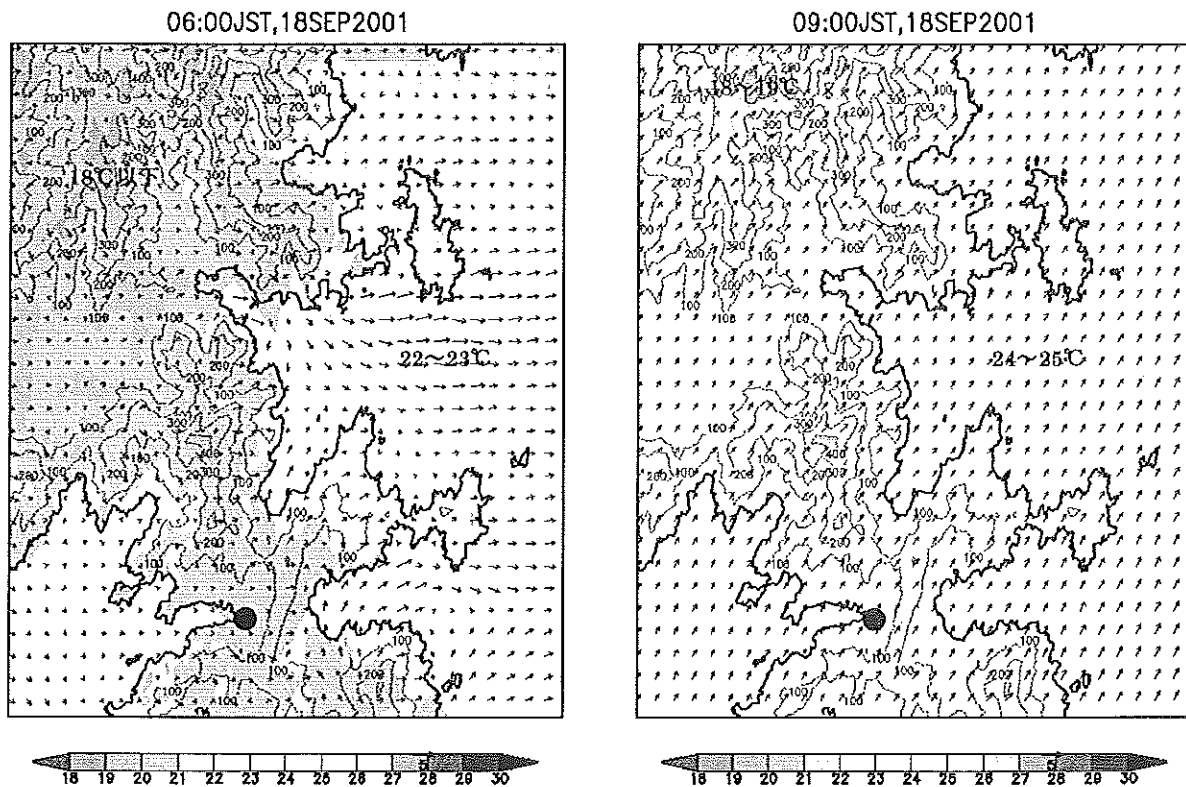
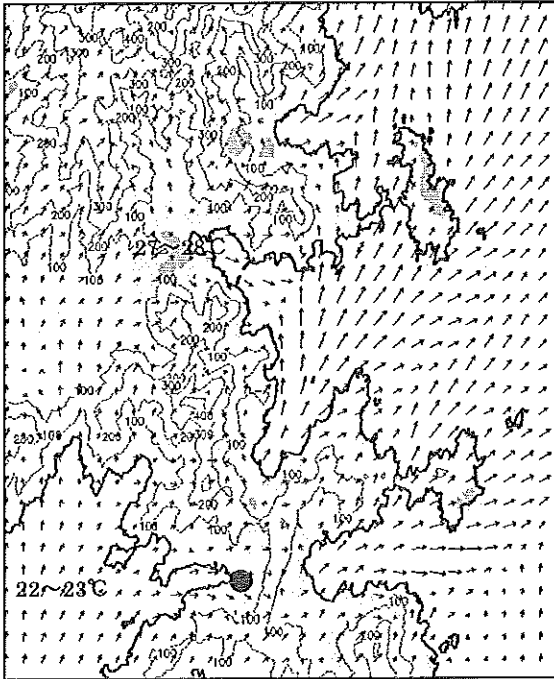
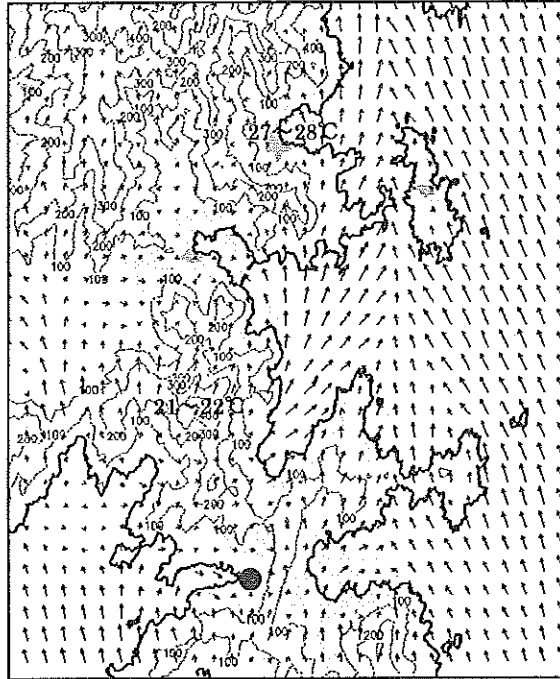


図5 地上高10mにおける気温、風の分布(カースケール:気温[°C]、矢印:風速)
左:2001年9月18日06時、右:2001年9月18日09時

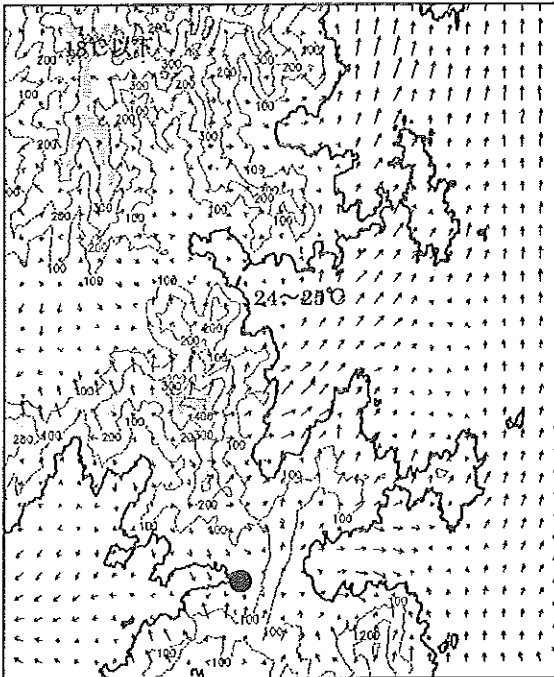
12:00JST,18SEP2001



15:00JST,18SEP2001



18:00JST,18SEP2001



21:00JST,18SEP2001

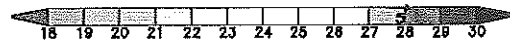
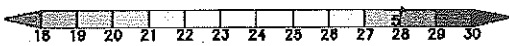
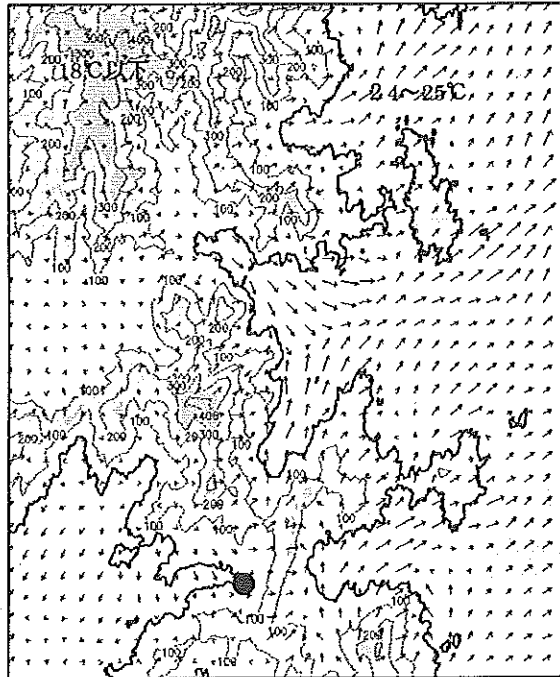


図5(続) 地上高 10m における気温と風の分布(カラスケール:気温[°C]、矢印:風速)

左上:2001年9月18日12時、右上:2001年9月18日15時

左下:2001年9月18日18時、右下:2001年9月18日21時

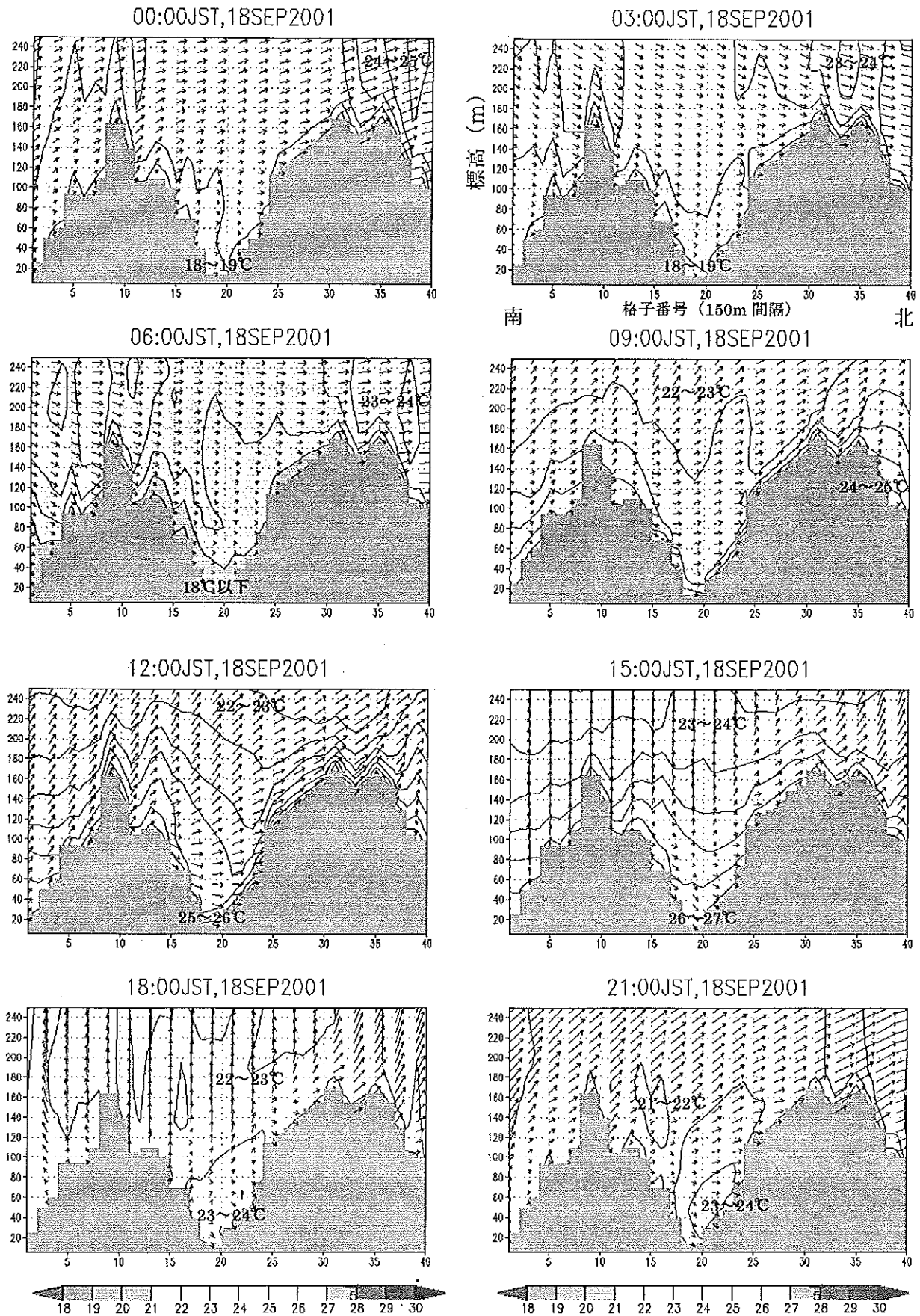


図6 小積局周辺の気温と風の南北方向一鉛直断面図*
 (カラスケール: 気温[°C]、矢印: 水平風**, 灰色部は地形)。断面の位置は図4のとおり。
 *2001年9月18日0時~2001年9月18日21時(3時間間隔)
 **矢印は、図4の南北方向断面図を東側から見た場合の水平方向の風向きで、上が北向きを示す。

牡鹿半島における気温の水平分布に着目すると、日中(12 時、15 時)には、牡鹿半島に複数存在する各々の湾(例えば、女川、小積、谷川・鮫浦、飯子浜など)の最も深い位置において気温が上昇している傾向がみられる。風向に関しては、牡鹿半島全体としては、南寄りの風が卓越する傾向がみられる。これは、牡鹿半島よりも大きなスケールの風系(一般場)に大きく起因していると考えられる。モニタリングステーションが存在する各湾においては、小積、女川に関しては日中、湾に吹き込む海風がみられるが、その他の湾については、一般場の南風の影響が大きい。

一方、夜間になると地上付近では、南風の影響は弱まり、女川周辺では、陸から海へと向かう陸風(または谷風)が卓越する。小積付近では、日没後、時間の経過とともに気温は低下し、風速も弱まるが女川周辺のような顕著な陸風(谷風)とはならない。

次に小積周辺の気温、水平風の鉛直分布の日変化について述べる。日中は、日射に伴う地表面の加熱に伴い、谷全体が暖められている様子が見られる。逆に日没後には、地表付近から大気は徐々に冷却され、接地逆転層が形成される。地表面付近の冷却は日の出まで継続し、日の出とともに地面と接する下層から解消されていく。

以上のとおり、2001 年 9 月 18 日、19 日の事例は、小積周辺において夜間から明け方にかけて顕著な逆転層が発達していたことが数値気象シミュレーションにより明らかになった。

2 2001 年 9 月 18 日、19 日の事例の拡散シミュレーション

数値気象シミュレーションより得られた気象条件を基に粒子の拡散シミュレーションを行った。

図7に狭領域数値気象シミュレーションによる牡鹿半島周辺の地表～地上高 10m における粒子の分布と地表 10m における水平風の分布を示す。図中のカラースケールが粒子の分布と矢印が水平風を表す。なお、点線は 100m 間隔の等高線である。また、図8に小積局周辺の粒子、気温、及び水平風の南北方向-鉛直断面図を示す。図中において、縦軸は海拔高度[m]を表し、横軸は狭領域シミュレーションの格子番号、灰色の領域は南北断面の地形である。小積局は中央付近の谷に位置する。

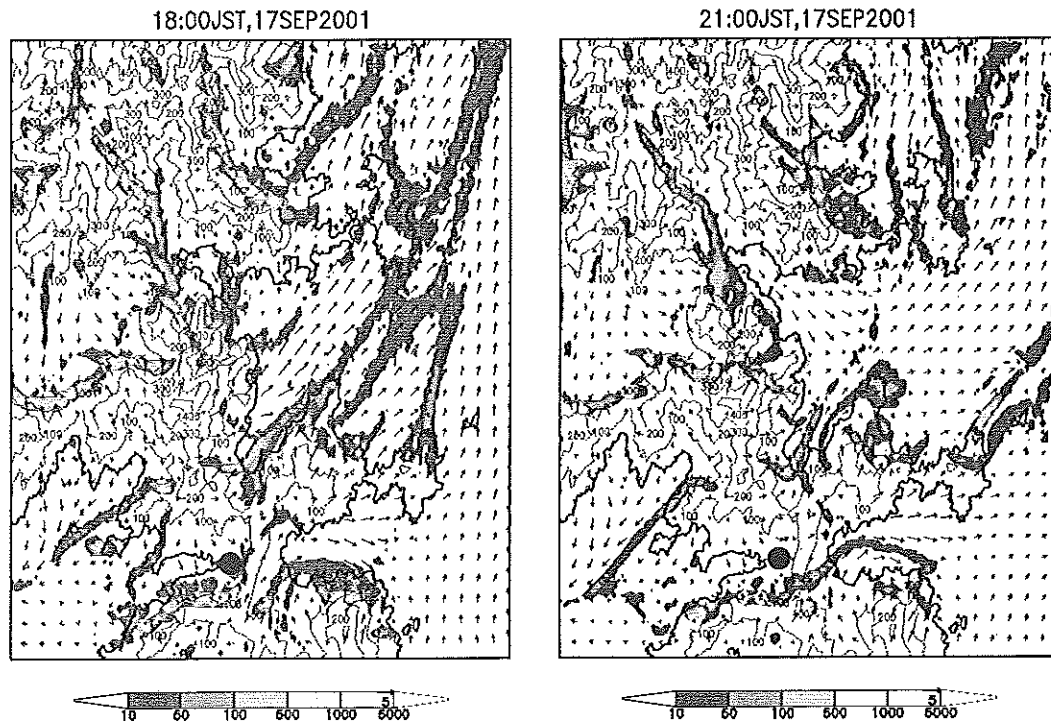


図7 地表～地上高 10m における粒子と風の分布
(カラースケール：粒子数[個]、矢印：風速)

左：2001 年 9 月 17 日 18 時、右：2001 年 9 月 17 日 21 時

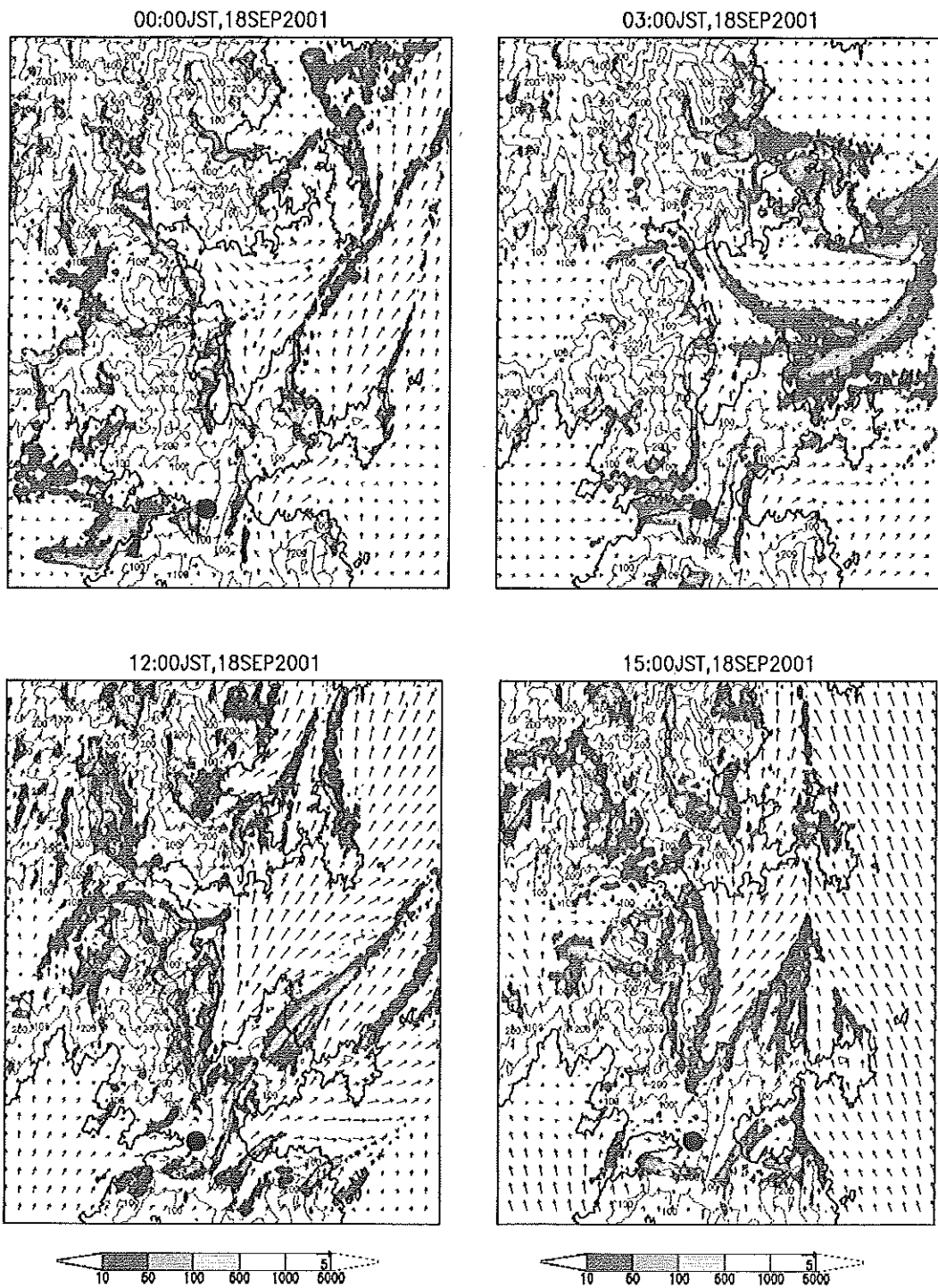


図7(続) 地表～地上高 10m における粒子と風の分布(カラスケール:粒子数[個]、矢印:風速)

左上:2001年9月18日 0時 右上:2001年9月18日 3時

左下:2001年9月18日12時 右下:2001年9月18日15時

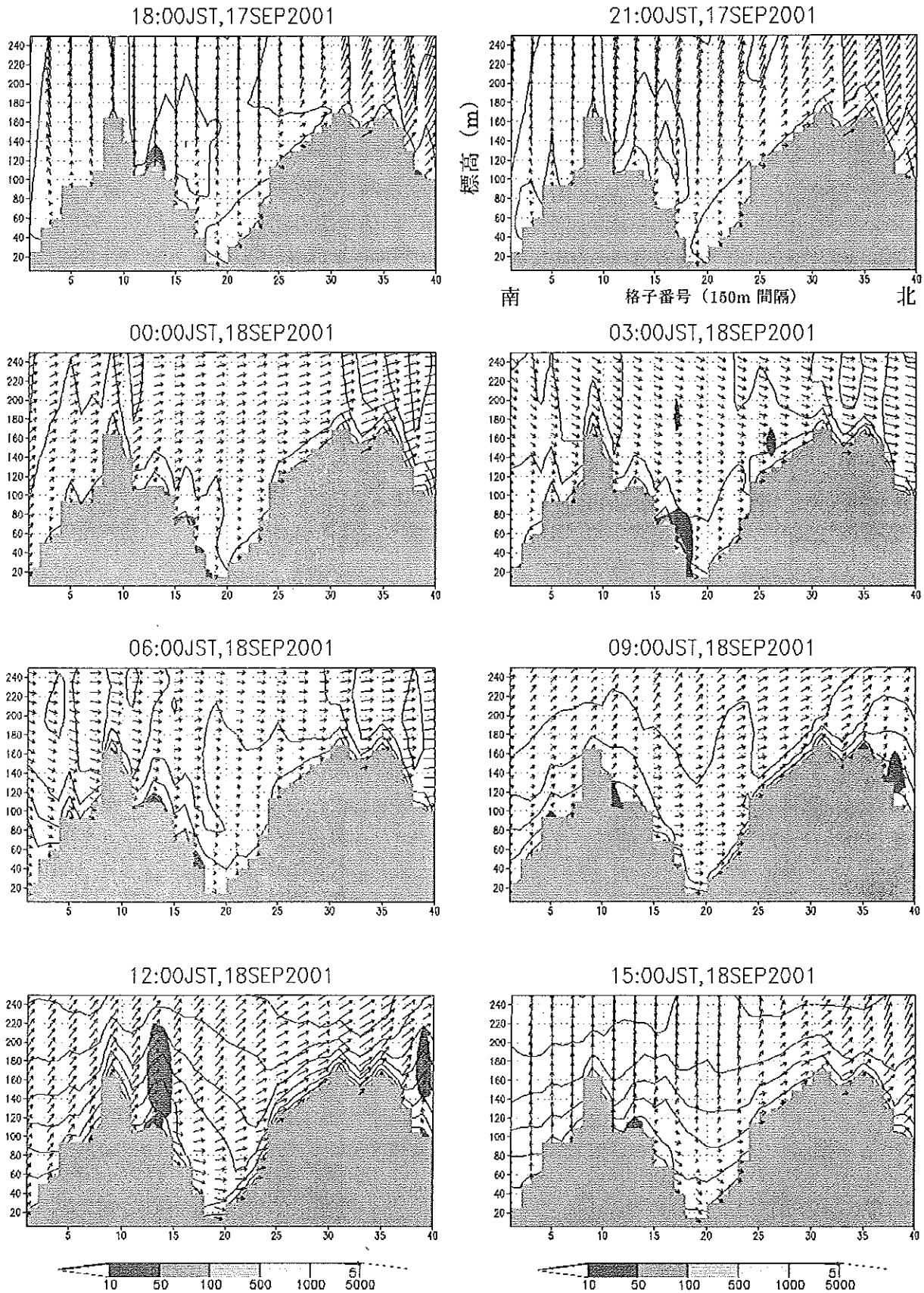


図8 小積局周辺の粒子数、気温及び風の南北方向—鉛直断面図*
 (カラスケール:粒子数、実線:気温[°C](0.5°C間隔)、矢印:水平風**, 灰色部は地形)。
 断面の位置は図4の通り。
 *2001年9月17日18時~2001年9月18日15時(3時間間隔)
 **矢印は、図4の南北方向断面図を東側から見た場合の水平方向の風向きで、上が北向きを示す。

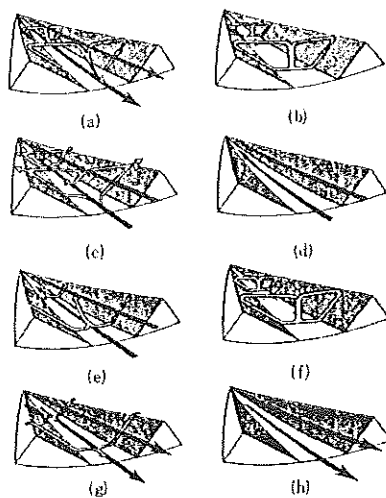
粒子の水平分布をみると、計算開始から9時間までの間は、粒子が十分に計算領域内を拡散しておらず、分布の解釈がしにくい状況にあるため、2001年9月17日18時以降に関して議論を行う。一般に物質の拡散現象を考える場合、物質が溜まりやすい場所は、風が収束している場所である。例えば、図7(続)右下図の2001年9月18日15時の場合、出島に向かって南南東の風が吹いており、出島の風下側では、気流が収束(風が集まっている)している。同時に粒子の数も多くなっており、風の収束域に拡散物質が集まっている様子が表されている。図7において、小積以外のモニタリングステーションの粒子数の時間変化をみると、深夜から日の出前にかけての変動は小積と同様の傾向を示している。一方、日中の変動に関しては一時的に粒子数の増加がみられるが、全体の傾向としては観測結果と一致しているといえる。

小積周辺に着目すると、図7(続)下2つの図のように日中～夕方には、湾内を含め、粒子はほとんど地表付近には存在していない。一方、図7(続)上2つの図(00:00及び03:00)のように深夜から日の出前にかけては、海上、陸上ともに湾内の低地には粒子が多く停滞している様子がみられる。この状況を図8の南北方向-鉛直断面図(00:00及び03:00)でみると、ほとんどの粒子が逆転層内に位置し、逆転層より上層には存在していないことがわかる。一方で粒子の移動を時間を追って確認すると、粒子は、小積付近の陸地から発生したものだけではなく、海から流入してきたものも含まれていると考えるのが妥当であるといえる。

IV 考察

本研究では、非降水時に牡鹿半島周辺で生じる空間ガンマ線線量率の変動に着目し、その傾向を把握した上で、顕著な変動のみられた事例に関して、詳細な気象シミュレーションと拡散シミュレーションを実施し、牡鹿半島内における粒子(^{222}Rn)の挙動を明らかにした。

まず、非降水日の牡鹿半島におけるガンマ線線量率の変動の特徴を把握するため、モニタリングステーションにおける観測データの解析を行った。その結果、非降水日における小積局のガンマ線線量率の変動には特徴がみられ、日最大値は深夜から早朝にかけて、日最小値は夕方から日の入り直後に発現しているという結果が得られた。また、ガンマ線線量率の変動が顕著な上位20日の大部分は6月～9月に集中している。小積局は、東西方向の谷(湾)内の最も低い位置にあり、変動の顕著な日が夏季に集中していることから、図9に示すような山谷風循環(もしくは、海陸風循環)が小積局におけるガンマ線線量率の変動に関連していることが推測される。



谷間における風の日変化のモデル図
(a)日出、(b)午前、(c)昼頃、(d)午後、
(e)夕暮、(f)早夜、(g)夜中、(h)夜おそく
くから朝まで(デファントによる)

図9 山谷風の模式図

山谷風循環は、日中、谷から山に向かって吹く谷風と、夜間から早朝にかけて山から谷に向かって吹く谷風による局地的な風系のことである。小積局の場合、山谷風と海陸風が混在しており、日射により陸上の谷内の気温が上昇し、湾内(海上)の気温との差が生じ、それに伴い生じた気圧の差により湾(谷)から陸地(山)に向かう風が吹く。逆に夜間から早朝にかけては、陸地の空気が冷やされ、陸地から湾に向かう風が生じる。小積局における風向・風速の観測結果においてもこのような風系が生じていることが確認されている⁵⁾。

また、ガンマ線線量率の変動が顕著であった2001年9月18日、19日の事例及び2004年7月24日、25日の事例に関して行った詳細な気象シミュレーションにおいても、小積を含む各モニタリングステーションの位置する湾において、上記のような局地的な循環が生じていることが確認された(図5、図6)。

気象シミュレーション結果を用いて行った拡散シミュレーションにおいても、観測結果と対応するようなシミュレーション結果を得た(図7、図8)。拡散シミュレーションは、陸地上の全ての地点から²²²Rnが放出されると仮定して行ったものである。特に夜間から早朝にかけては小積局の位置する湾内において接地逆転層がみられ、その逆転層内に地表から発生した粒子が滞留している様子が模擬計算された。また日中には粒子は海風(谷風)により谷内から移動し、小積局周辺では²²²Rn濃度は低くなる。

V まとめ

非降水時の空間ガンマ線線量率変動に着目し、観測データの整理、気象数値シミュレーション及び拡散シミュレーションを実施し、解析を行った結果、以下のことがわかった。

- 1 非降水時に空間ガンマ線線量率の変動がみられるのは、その大部分が6月～9月であった。また、ガンマ線線量率の日最大値は、深夜から早朝(22～7時)にかけて出現し、日最小値は、夕方(15～21時)にかけて出現する傾向がみられた。
- 2 空間ガンマ線線量率の日変動が顕著であった事例に関して、詳細な数値気象シミュレーションを実施し、海陸風、山谷風といった局地的な風系の日変化が生じていることを確認した。
- 3 拡散シミュレーション結果より、小積局周辺では、夜間に接地逆転層が発達することにより、地表から放出された²²²Rn粒子が滞留していること、また小積局周辺の陸地だけではなく、牡鹿半島全体の気流の流れにより湾方面(西側)より流入している様子も確認された。一方、日中には谷底から山側に向かう風がふくため、小積局付近では粒子数が少なくなっていることが確認された。

以上のことから、非降水時における牡鹿半島の空間ガンマ線線量率の変動には、夜間から早朝にかけての接地逆転層の形成に伴う粒子の滞留、日中の谷風(海風)に伴う粒子の移動が大きく寄与していると考えられる。

なお、本研究は平成16年度環境放射能基本情報管理業務によって行った。

VI 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 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第20巻, p.10-17(2002).
- 3 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第21巻, p.12-25(2003).
- 4 日本気象学会, 気象科学辞典, p.158(1998).
- 5 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第19巻, p.5-9(2001).

降下物と周辺土壌中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及びプルトニウム同位体間の 放射能比に関する一考察

石川陽一

宮城県において降下物と周辺土壌中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ と $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ などの放射能比を調べ、黄砂との関連や放射性核種の起源などについて考察した。2002年4月の黄砂時の降下物における放射能比は、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ が約2.2、 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ が約0.025であった。1993年11月の屋上土壌にはその放射能比からチェルノブイリ事故の影響が明瞭であった。1990年の山林土壌の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約12で、核実験による生成比1.6に比べて著しく高かった。1991年以降の文献値調査の結果、日本海側を含めた代表的な国内の12道県では2000年以降に降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が高く、2002年3月の平均値は約4.5であった。

I はじめに

^{137}Cs と ^{90}Sr 並びに $^{239+240}\text{Pu}$ などのプルトニウム同位体は、大気圏内核実験や旧・ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故等によって環境中に放出され、継続的に降下物や土壌その他種々の環境試料に検出されている長半減期人工放射性核種である。前報¹⁾にて報告したように、宮城県においては2000年以降の春季の降下物と大気浮遊じん²⁾に ^{137}Cs が検出されている。それが検出された時期や気象条件、SPM濃度との関連及び流跡線解析の結果から、 ^{137}Cs は黄砂に伴って中国大陸の内陸部からもたらされたいことがわかった。しかし、その供給源地域や日本への到達メカニズムに関してはよくわかっていない。これらに関する知見を得るためには、同位体比などの何らかの指標が必要である。Igarashiら²⁾は降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比に着目して発塵地域の特定に結びつく知見を得る方法を提唱した。ストロンチウムは水分の多い土壌中ではセシウムに比べて溶脱しやすく、その結果降水量の多い地域の表層土壌では長年の間に $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が当初の放射能比よりも高くなるので、この比が発塵地域特定の指標になるのではないかとする考えである。藤原ら³⁾は、中国北部の草原表土の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約6-10でグローバルフォールアウトの比1.6⁴⁾よりも高く、このような草原土壌が日本に大気降下物として到達する可能性について言及した。

一方、核爆発の種類や原子炉の燃焼度、化学的性質の違いによって環境中の $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比が異なると考えられ⁵⁾、この比を調べることによって放射性核種の成因や環境中の挙動に関する知見が得られると考えられる。

本研究では、降下物と周辺土壌中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ などの放射能比を調べることによって、これらの放射性核種と黄砂(大陸起源エアロゾル)との関連性、起源及び環境中の挙動について考察した。

II 方法

宮城県原子力センター構内で、ハイボリューム式エアサンプラー（柴田科学製 HVC-1000）を用いて、ガラスせんいろ紙（アドバンテック東洋製 GB-100R）に大気浮遊じんを採取した。

宮城県の女川町と仙台市及び山形県酒田市にタンクを設置し、降下物（雨水・ちり）を採取した。降下物試料は網目サイズが 0.59mm のふるいでゴミ等を除去してから蒸発乾固した。放射化学分析を行う試料は電気炉によって 450℃で灰化した。

女川町と仙台市の山林で地表土壌を、また女川町と仙台市内で建築物屋上に付着している土壌を採取した。110℃で乾燥後、地表土壌は 2mm 目のふるいにかけて、また屋上土壌は 0.149mm 目のふるいにかけて細土を分別した。これらの試料を直径 4.7cm の円筒形プラスチック容器に充填し、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 ^{137}Cs の放射能を測定した。

降下物と土壌中の ^{90}Sr と ^{238}P 及び $^{239+240}\text{Pu}$ の放射化学分析は外部の分析専門機関（財）日本分析センター）に委託し、文部科学省放射能測定法の「放射性ストロンチウム分析法」及び「プルトニウム分析法」によって行った。 ^{90}Sr については、イオン交換法で分離後、バリウムとラジウムのスカベンジを行い、 ^{90}Y をミルクキングによって分離、低バックグラウンド β 線自動測定装置で放射能測定を行った。 $^{239+240}\text{Pu}$ については、 ^{242}Pu をトレーサーとして添加、イオン交換法で分離、ステンレス板に電着後アルファ線スペクトロメトリーによって放射能測定を行った。

III 結果及び考察

1 宮城県における各種試料中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及びプルトニウム同位体間の放射能比

大気浮遊じん

表 1 は他の試料とともに大気浮遊じん中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及びプルトニウム同位体の放射能と放射能比を示す。同表に示した試料のうち、浮遊じんは採取期間が数日間と短く限定されているため黄砂などの影響を直接的に示す重要な試料である。2002 年 4 月 10 日前後に黄砂由来の ^{137}Cs が検出された浮遊じん試料（No. 2 と No. 3）では、 ^{90}Sr とプルトニウム同位体は未検出であった。 ^{90}Sr の検出下限値（それぞれ 9.2 及び 6.5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ）と ^{137}Cs の値（それぞれ 9.9 及び 6.1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ）から $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を仮に算出すると、それぞれ 1.1 以上及び 0.9 以上となった。 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の核実験による値は約 1.6⁵⁾、チェルノブイリ事故では約 8.5⁶⁾、また前述のように降水量の多い地域の土壌でも比較的高い放射能比を示すと考えられるので^{2), 3)}、これらの浮遊じんの分析結果から核種の起源の特定に結びつく有効な知見は得られなかった。今後、より検出感度の高い ^{90}Sr の分析方法の必要性が感じられる。

降下物

降下物試料は、大気圏からの地表に対する影響を直接的に示すという点では浮遊じんについて重要な試料である。表 1 において、仙台市で黄砂が観測された 2002 年 4 月 10 日前後を含む期間に同市内で採取された降下物 No. 1 では、 ^{90}Sr の放射能は $42 \pm 10 \text{ mBq}/\text{m}^2$ で、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を計算すると 2.2 ± 0.5 であった。 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ の放射能比は約 0.024 であった。同時期に宮城県女川町内で採取された降下物 No. 5 の放射能比もほぼ近い値を示した。これらの放射能比は核実験によ

表1 各種試料中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 及び $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能とそれらの比

試料種類	試料採取場所 ^{*1)}	採取年/月/日 (期間)	放射能 ^{*3)}			放射能比 ^{*4)}					
			^{137}Cs ^{*2)}	^{90}Sr	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	単位	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	$^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$
浮遊じんNo.1	女川町	02/4/4-8	<<(4.4) ^{*6)}	N D <<(3.7)	N D ^{*6)}	N D	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	-	-	-	-
浮遊じんNo.2	女川町	02/4/8-11	9.9±0.9	N D<<(9.2)	N D	N D	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	> 1.1	-	-	-
浮遊じんNo.3	女川町	02/4/11-15	6.1±0.9	N D<<(6.5)	N D	N D	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	> 0.9	-	-	-
降下物No.1	仙台市	01/12/3-02/7/1	93±3	42±10	N D	2.2±0.4	mBq/m ²	2.2±0.5	0.024±0.004	-	-
降下物No.2	仙台市	02/7/1-12/27	39±7	N D	N D	N D	mBq/m ²	-	-	-	-
降下物No.3	山形市	02/7/9-03/1/9	52±5	N D	N D	N D	mBq/m ²	-	-	-	-
降下物No.4	酒田市	02/7/8-03/1/8	99±7	N D	N D	2.5±0.8	mBq/m ²	-	0.025±0.008	-	-
降下物No.5	女川町	01/12/3-02/7/5, 02/4/9-02/6/26 ^{*7)}	240±5	120±20	N D	5.6±0.9	mBq/m ²	2.1±0.3	0.023±0.004	-	-
降下物No.6	女川町	02/7/5-02/12/27	43±7	N D	N D	N D	mBq/m ²	-	-	-	-
屋上土壌No.1	女川町	02/4/11	14.8±0.9	N D	N D	0.86±0.04	Bq/kg乾土	-	0.025±0.003	-	-
屋上土壌No.2	女川町	93/11/18	32±1	N D	N D	N D	Bq/kg乾土	-	-	-	-
屋上土壌No.3	仙台市	93/11/1	136±1	N D	N D	0.093±0.025	Bq/kg乾土	-	0.00068±0.00018	-	-
山林土壌No.1	女川町	90/11/30	70±1	6.0±1.1	0.85±0.02	2.6±0.1	Bq/kg乾土	11.7±2.1	0.038±0.02	0.012±0.000	0.32±0.02
山林土壌No.2	仙台市	92/3/2	2.0±0.4	N D	N D	N D	Bq/kg乾土	-	-	-	-

*1) 試料採取場所は、女川町は宮城県原子力センター構内または付近、仙台市は宮城県保健環境センター構内または付近、山形市は山形大学小白川キャンパス、酒田市は酒田港付近。

*2) ^{137}Cs の値は宮城県原子力センターがGe半導体検出器で測定した結果である。

*3) 放射能の値は採取日における値を示し、また放射能の誤差は計数誤差(1 σ)を示す。

*4) 放射能比の誤差は、各々の放射能の計数誤差から誤差伝播則によって算出した。

*5) 木等号の右側の値は検出下限値を示す。

*6) NDは検出下限値未満を示す。

*7) 降下物No.5は、黄砂の影響が強かった期間(2002年3月20日及び4月10日の前後)を含む01/12/3-02/7/5(0.992 m³)と02/4/9-02/6/26(0.166 m³)の期間に別の容器で採取したものの混合試料である。

る生成比(各々1.6と0.011)よりはやや高い(表2)。黄砂の影響があまり強くないと考えられる2002年の7月8日～翌2003年1月8日の期間に山形県酒田市で採取した降下物試料(No.4)には、有意な量の ^{90}Sr は検出されなかった。ほぼそれと同じ期間に女川町内で採取した降下物試料(No.6)でも同様であった。宮城県と山形県の降下物中に検出された ^{90}Sr と $^{239+240}\text{Pu}$ のデータ数はごく限られていて放射能比のデータが十分に求められず、表1の結果のみからでは核種の起源などについて言及できないため、後に日本の他の地域も含めた降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比のデータなどと合わせて考察する。表2には本研究の結果とともに、国連科学委員会報告書に記載されている核実験フォールアウトに基づく放射能比やチェルノブイリ事故起因のフォールアウトの放射能比などを比較して示す。

表2 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 間の放射能比の文献値との比較

	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	$^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$	$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$	備考
核実験フォールアウト	1.6	0.011	0.00029	0.026	UNSCEAR 1993 ^{*)1)}
1999-2002年の日本表層土壌	—	~0.03	—	~0.03	日本分析センター ^{*)2)}
チェルノブイリ事故による放出	8.5	0.00085	0.00041	0.49	UNSCEAR 2000 ^{*)3)}
2002年3月、日本降下物	~4.5	—	—	—	文部科学省 ^{*)4)} (本研究、表3)
2001年12月-2003年1月、宮城県降下物 (No.1, No.5)	~2	~0.025	—	—	本研究(表1)
2002年4月11日、宮城県屋上土壌No.1	—	~0.025	—	—	本研究(表1)
1993年11月1日、宮城県屋上土壌No.3	—	~0.0007	—	—	本研究(表1)
1990年11月30日、宮城県山林土壌No.1	~12	~0.04	0.012	~0.3	本研究(表1)

1) 1993年国連科学委員会(UNSCEAR)報告書^{)1)}による北半球中緯度地帯での降下量から算出

2) (財)日本分析センター年報(平成16年度)^{)2)}による日本全国の土壌(0-20cm)の平均的な値

3) 2000年国連科学委員会(UNSCEAR)報告書^{)3)}によるデータから算出

4) 文部科学省の環境放射線データベース^{)4)}のデータのうち、代表的な12の道県の値の平均値

建築物屋上土壌

建築物屋上に蓄積または付着している土壌粒子は強風で運ばれてきた微細な粒子が主で、風吹じんそのもの、あるいは既に蓄積または付着していた土壌粒子に降水中の放射性核種が吸着したものと考えられ、大気圏からの影響を間接的に示す試料であると考えられる。表1の屋上土壌No.1の試料は、黄砂の影響が強かった2002年4月11日に当センター屋上の防水シートに付着していた黄色の土壌粒子である。この試料では ^{90}Sr は検出されなかったが $^{239+240}\text{Pu}$ は検出され、 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は前述の降下物No.5とほぼ同じ約0.025であったことから、恐らくは黄砂など、核種の起源は同じである可能性が高い。

一方、表1に示した1993年11月の仙台の屋上土壌(No.3)では $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は約0.0007で、チェルノブイリ事故起因のフォールアウトにおける比0.00085に近かった(表2)。既報^{*)9)}において、同時に検出された ^{134}Cs との放射能比からこの試料の ^{137}Cs 起源はチェルノブイリ事故起因であろうと推定したが、本研究において $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比からもそのことが確認された。屋上土壌は採取時期に比較的近い、恐らく数年以内程度の比較的近年の大気圏からの影響を反映しているものと考えられる。2002年の女川町の屋上土壌No.1ではチェルノブイリ事故影響は認められなかったことから、この時期には古い屋上土壌もしくは放射性核種は既に風雨によって大部分洗い流されたものと考えられる。

山林土壌

表1の山林土壌No.1は女川町内で1990年に採取したもので、 ^{137}Cs と ^{90}Sr のほかに ^{238}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ も検出された。 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ の放射能比は約0.04で核実験フォールアウトの比(0.011)や日本表層土壌の平均的な値(約0.03)と同程度であった。表2に比較結果を示す。 $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ と $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比はそれぞれ0.012と約0.3であった。 $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比はチェルノブイリ事故起因の核種の比0.49に比較的近いが、 $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は同事故起因の核種の比0.00041よりも2ケタ以上高い。 $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は核実験フォールアウトでも0.00029であるので、やはりこれでも説明できなかった。一方、この山林土壌の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約12で、核実験フォールアウトの比

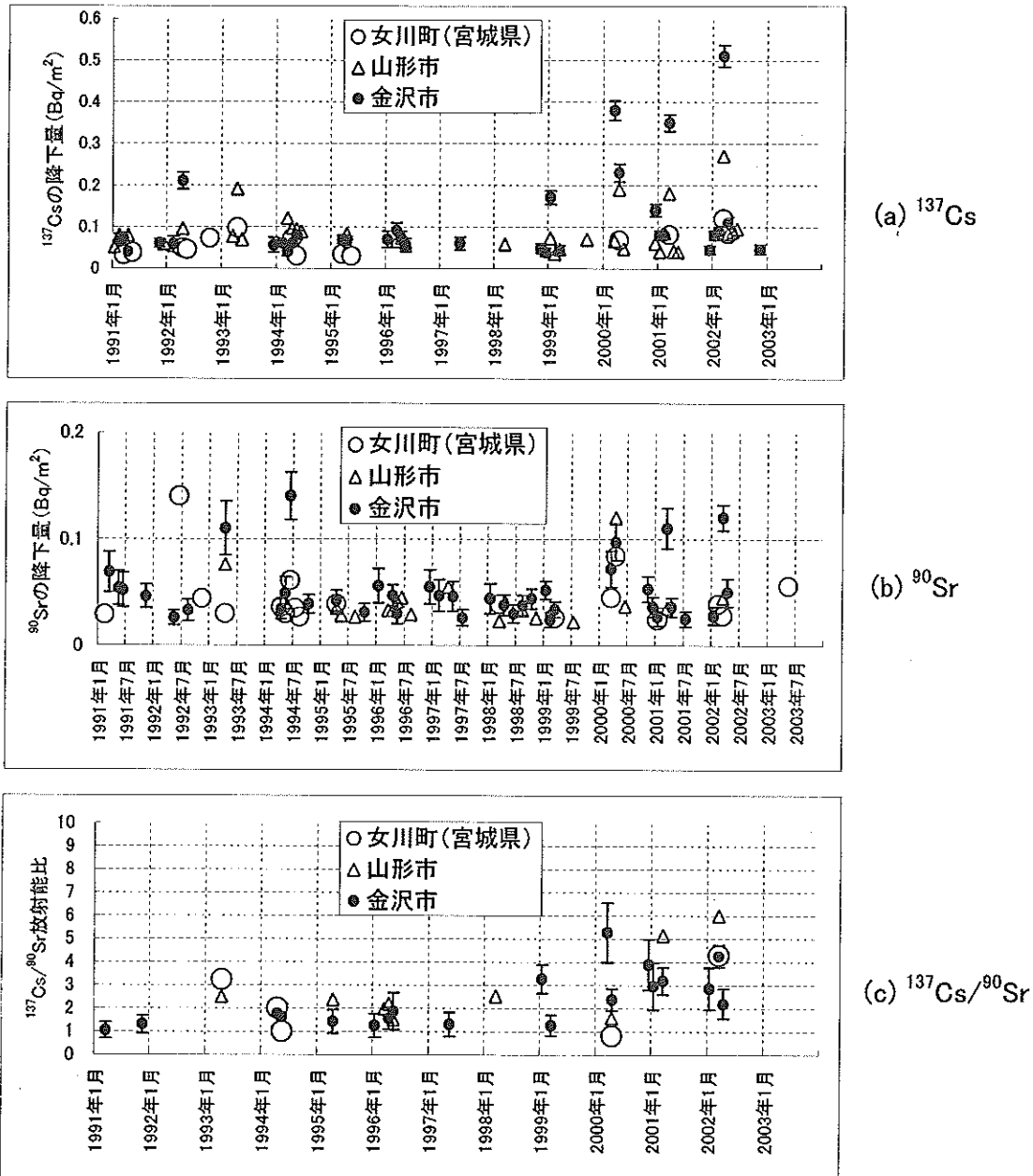


図1 宮城県と山形県(山形市)及び石川県(金沢市)における1991年1月～2002年12月の(a) ^{137}Cs と(b) ^{90}Sr の降下量及び(c) $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の比較

(注) データの出典は文部科学省の環境放射線データベース⁸⁾。図の煩雑さを避けるため、誤差棒(放射能測定の際の計数誤差に基づく標準偏差)は金沢市についてのみ示した。

1.6 に比べて非常に高い値であった。腐食成分の多い山林土壌は ^{137}Cs を吸着しやすく、そのため過去の核実験等起因の放射性核種を蓄積している。全体の蓄積量ではチェルノブイリ事故起因の核種の寄与に比べて核実験寄与の割合が主であると考えられる⁹⁾。それが約 12 という高い $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を示すのは ^{90}Sr が土壌水分によって溶脱し、 ^{137}Cs に対する相対量が少なくなったためと考えられる。 ^{137}Cs の値が低い仙台市の山林土壌では ^{90}Sr とプルトニウム同位体のいずれも未検出であった。

2 日本の他の地域における最近の降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比

1990 年代には過去の核実験起因の成層圏ファールアウト核種の寄与は非常に少なく、相対的に再浮遊影響が大きいとされている²⁾。再浮遊原因の一つと考えられる黄砂の影響を調べるために、宮城県とその近隣地域及び日本海側の代表的な地域における放射性降下物量と放射能比を比較した。図 1 は 1991 年以降の宮城県と山形県及び石川県における ^{90}Sr と ^{137}Cs の月間降下量と放射能比を比較したものである。データは文部科学省の環境放射能データベース⁸⁾による。図 1 (a) と (b) はそれぞれ ^{137}Cs と ^{90}Sr の降下量、(c) は $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比である。図 1 (a) によると、黄砂の影響とみられるが、2000 年以降の春季に ^{137}Cs の値が高めの傾向を示している。その傾向は太平洋側の女川町よりも日本海側地域の山形市及び金沢市で更に顕著で、図 1 (b) の ^{90}Sr でもやや似た傾向を示している。図 1 に示した 1991 年 1 月から 2002 年 12 月までの期間では、2002 年 3 月に ^{137}Cs 降下量が最大であった。この理由は前報¹⁾で述べたように、おそらく黄砂に伴って中国大陸から ^{137}Cs などを含む土壌粒子がもたらされたためと考えられる。図 1 (c) は前述の 3 地域の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を示すが、1990 年代にはその比は大体 1~2 程度であるのに対し、2000 年以降の春季にはその値が最大で約 6 程度まで高くなっている。

表 3 は、図 1 (a) において最も高い ^{137}Cs の値を観測した 2002 年 3 月について、日本のほかの地域も含めて ^{137}Cs と ^{90}Sr の月間降下量⁸⁾と $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を比較したものである。着目している宮城県と山形県以外については測定値の誤差が小さい地域のみとした。表 3 に示した全地域の 2002 年 3 月における $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の平均値は 4.5 で、核実験による生成比 1.6 よりも明らかに高かった。以

表 3 2002年3月における ^{137}Cs と ^{90}Sr の月間降下量と放射能比^{*1)}

試料採取地点	月間降下量 (Bq/m ²)		放射能比
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
着目地域			
宮城県 (牡鹿郡女川町)	0.10 ± 0.014	0.028 ± 0.0082	3.4 ± 1.1
山形県 (山形市)	0.27 ± 0.019	0.045 ± 0.0094	6.0 ± 1.3
その他、測定値の相対誤差が小さかった地点 ^{*2)}			
北海道 (札幌市)	0.63 ± 0.03	0.091 ± 0.010	6.9 ± 0.8
青森県 (青森市)	0.82 ± 0.03	0.16 ± 0.02	5.1 ± 0.7
岩手県 (盛岡市)	0.54 ± 0.03	0.10 ± 0.02	5.7 ± 1.1
秋田県 (秋田市)	0.37 ± 0.02	0.082 ± 0.011	4.5 ± 0.7
埼玉県 (さいたま市)	0.11 ± 0.01	0.037 ± 0.007	3.0 ± 0.6
新潟県 (新潟市)	0.38 ± 0.02	0.076 ± 0.015	5.0 ± 1.0
富山県 (射水郡小杉町)	0.32 ± 0.02	0.086 ± 0.013	3.7 ± 0.6
鳥取県 (鳥取市)	0.30 ± 0.02	0.069 ± 0.009	4.3 ± 0.7
島根県 (松江市)	0.28 ± 0.02	0.058 ± 0.010	4.8 ± 0.8
山口県 (山口市)	0.11 ± 0.02	0.053 ± 0.010	2.1 ± 0.5
			平均値 4.5

*1) 本データは文部科学省の環境放射線データベース⁸⁾より引用し、加工したものである。

*2) 日本全国のデータのうち、測定値が標準偏差(計数誤差)の5倍以上の地点。

上のことは、2000年以前と以降とではこれらの核種の供給源に違いがある可能性を示している。Igarashiら²⁾は1992-1999年のつくば市の降下物の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は平均で2.1であったと述べており、これらの核種の起源として国外と国内の両方の可能性に言及しているが明確な結論付けは行っていない。一方、2002年と2003年の中国北部土壤中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が1.6よりもかなり高かったという藤原ら³⁾の報告や、流跡線解析の結果から2002年3月22日に宮城県に顕著な黄砂をもたらした空気塊は中国大陸内陸から供給されたと考えられること¹⁾などから、2000年以降の ^{137}Cs の供給元は中国大陸のなかでもある程度降水量の多い地域であろうと思われる。

IV まとめ

降下物と周辺土壤中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ などの放射能比を調べることによって、下記の結果が得られた。

- (1) 2002年4月の黄砂時の大気浮遊じん中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約1以上で、少なくともこれ以下ではなかった。同じ時期の降下物中の放射能比は、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ で約2.2、 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ で約0.025で、核実験フォールアウトにおける各々の比1.6及び0.011よりもやや高めであった。その時期の建築物屋上の土壌でも似た傾向がみられた。
- (2) 1993年11月の屋上土壌の $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は約0.0007で、チェルノブイリ事故起因のフォールアウトにおける比0.00085に近く、これらの核種の起源は主に同事故であると考えられた。
- (3) 1990年の山林土壌の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約12で、実験フォールアウトにおける生成比1.6に比べて著しく高く、降水による ^{90}Sr の流失の影響と考えられた。
- (4) 文献値をしらべた結果、日本海側を含めた幾つかの地点では2000年以降には降下物中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が高く、2002年3月の平均値は約4.5であったことから、 ^{137}Cs の供給源として中国大陸のある程度降水量の多い地域が考えられた。

参考文献

- 1) 石川陽一 ほか、宮城県原子力センター年報，第21巻，p.5-11 (2003)。
- 2) Y. Igarashi, et al., Water, Air, and Soil Pollution, 5, 51-69 (2000)。
- 3) 藤原英司, ほか, Procd. 6th Workshop Environ. Radioact., KEK, Tsukuba, Japan, March 8-10, 10-14 (2005)。
- 4) 国連科学委員会 1993年報告書，放射線の線源と影響，放医研 監訳，実業広報社，1995年，東京，p.132。
- 5) 村松康行, 吉田 聡, Radioisotopes, 48, 472-487 (1999)。
- 6) 国連科学委員会 2000年報告書，放射線の線源と影響，放医研 監訳，実業広報社，2002年，東京，p.579。
- 7) 日本分析センター年報（平成16年度），p.45-48。
- 8) 文部科学省 環境放射線データベース，日本の環境放射能と放射線，
http://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/com_s_index。
- 9) 石川陽一 ほか、宮城県原子力センター年報，第14巻，p.3-12 (1995)。

1 学会発表

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

石川陽一、高橋正弘、榑崎幸範*、鈴木利孝**

* 福岡県保健環境研究所、** 山形大学理学部

第48回放射化学討論会、2004年10月27~29日、東京

2000年の春期以降、降下物試料などにアジア大陸からのエアロゾル(黄砂)に伴うと推定される ^{137}Cs が検出されている。その起源と発生メカニズムを調べるため、昨年に引き続き我が国の東北地方と福岡県で降下量の地域的分布や大気中濃度の変動を調べた。 ^{137}Cs 降下量は、太平洋側もしくは内陸部の地点に比べて日本海に面した山形県酒田市では高めの傾向を示し、気象庁によって2004年3月11日に酒田市で黄砂が観測されたが、その日を含む採取期間(3/9-4/13)において最大値(約 $120 \text{ mBq m}^{-2}/30 \text{ 日}$)を示した。北西季節風が卓越するこの時期には日本海側の地域は大陸からの大気汚染物質等の影響を受けやすく、以上のことから、大陸において ^{137}Cs を含む土壌粒子が巻き上げられて我が国に到達した可能性が高いといえる。

(2) 日本の幾つかの地域における大気中 ^7Be 濃度の季節変動

石川陽一、高橋正弘、橋本和子*、山崎興樹**、榑崎幸範***

*茨城県公害技術センター、**新潟県放射線監視センター、***福岡県保健環境研究所

第6回環境放射能研究会、2005年3月8日~10日、つくば市

宇宙線生成核種のひとつである ^7Be は大気圏における放射性核種やエアロゾルの動態を知る上で有用な天然のトレーサーである。この観点から、宮城県、茨城県、新潟県及び福岡県における1999年4月から2003年3月までの4年間の大気浮遊じん中 ^7Be 濃度のデータを収集・整理し、比較検討を行った。同じ県内であっても ^7Be 濃度はかなりばらつくことがあるため、解析の際、同じ県内でもできるだけ複数地点のデータの平均値を用いた(宮城県; 4地点、茨城県; 5地点、新潟県; 2地点、福岡県; 1地点)。解析の結果、大気中 ^7Be 濃度は冬期に高く夏期に低いという傾向が顕著に見られた。一方、冬期には福岡県に比べて宮城県、茨城県及び新潟県では値が低めの傾向が認められた。この理由として、降雪の少ない福岡県ではほぼ大気中濃度を示しているのに対し、新潟県では降雪・降水による洗浄作用のために濃度が減少するためと考えられる。宮城県と茨城県では、空気が日本海側地域から太平洋側地域へ移動する途中でやはり降雪・降水による洗浄作用のために濃度が低下するものと推定される。このほか、約20年間の大気中 ^7Be 濃度の長期的な変動や数日間の短期的変動についても検討した。

2 誌上発表

(1) 最近の降下物中に検出される ^{137}Cs と大陸起源エアロゾルとの関連

石川陽一、佐々木俊行、榑崎幸範*、田上四郎*、鈴木利孝**

*福岡県保健環境研究所、**山形大学理学部地球環境学科

Proceedings of the Fifth Workshop on Environmental Radioactivity (第5回 環境放射能研究会), KEK (高エネルギー加速器研究機構), Japan, March 2-4, 2004, ed. by Taichi

Miura (三浦太一) , p.156-159.

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）に伴うと推定される ^{137}Cs が検出されている。この原因を調べるために、我が国の東北地方と福岡県で ^{137}Cs の大気中濃度の変動や降下量の地域的分布の違いについて検討した。降下物採取を開始した 2002 年 7 月以降には大量の大陸起源エアロゾルが飛来しなかったため、降下物試料には高い値の ^{137}Cs は観測されなかった。しかし、日本海に面する酒田市では、2002 年から 2003 年にかけての冬期から春期の時期に、他の地点より高めの値を示した（30 日間当たり、最大で約 50 mBq/m^2 ）。宮城県（女川町）と福岡県（太宰府市）における 2002 年 3 月中旬から 4 月下旬までの大気浮遊じん中の ^{137}Cs 濃度は、大陸起源エアロゾル飛来時には通常のレベル（約 $1 \mu\text{Bq/m}^3$ 以下）よりも顕著に高い値を示し、福岡県では 2002 年 3 月 22 日に最大で約 $100 \mu\text{Bq/m}^3$ の値を示した。この期間の宮城県（涌谷町鳧岳）における大気汚染観測局の SPM（浮遊粒子状物質）濃度を調べたところ、黄砂観測時期には SPM 濃度が顕著に増加していた。以上のことから、大陸起源エアロゾルと我が国に飛来した ^{137}Cs との関連性が強く示唆された。

(2) 宮城県における放射能調査

面川和信、木立 博、伊藤節男、
石川陽一、佐々木俊行、高橋正弘

第 46 回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成 15 年度）、2004 年 12 月、
文部科学省、p.137-140

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 15 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。

Ⅲ 学会発表等の要旨

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16年度はあいなめ、あわび、ほや、かき、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、マイクロウェーブ装置により酸分解後ろ紙(5C)でろ過をし、100mlに定容。

(2)機器分析

元素毎に次頁の①または②により行った。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. 特徴

- ・ 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. 特徴

- ・ 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16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 μg/g (灰中)	Ni mg/kg (生重量中)	Cu μg/g (灰中)	Cu mg/kg (生重量中)	Ag μg/g (灰中)	Ag mg/kg (生重量中)	Co μg/g (灰中)	Co mg/kg (生重量中)	V μg/g (灰中)	V mg/kg (生重量中)	Pb μg/g (灰中)	Pb mg/kg (生重量中)
海産動物	1	あいなめ-1	03MP0092	肉	2.268	0.50	0.011	<2	-	<1	-	0.15	0.003	3	0.07	0.51	0.012
	2	あいなめ-2	04MP0116		2.1	0.79	0.017	<2	-	<1	-	0.10	0.002	4	0.08	1.31	0.028
	3	あわび	04MP0171		2.17	51.0	1.11	175	3.80	4	0.09	1.09	0.024	3	0.07	1.01	0.022
	4	ほや-1	04MP0068		2.503	2.86	0.072	61	1.53	4	0.10	0.67	0.017	5	0.13	3.41	0.085
	5	ほや-2	04MP0067		2.482	2.36	0.059	41	1.02	3	0.07	0.75	0.019	6	0.15	2.65	0.066
	6	かき-1	99MP0107	除殻	2.382	2.68	0.064	626	14.9	18	0.43	1.38	0.033	7	0.17	5.70	0.136
	7	かき-2	04MP0169		2.48	1.93	0.048	494	12.3	21	0.52	1.06	0.026	8	0.20	5.60	0.139
	8	かき-3	04MP0168		2.36	2.16	0.051	330	7.79	22	0.52	1.19	0.028	7	0.17	5.62	0.133
	9	かき-4	04MP0170		2.61	1.70	0.044	282	7.36	17	0.44	0.97	0.025	8	0.21	4.06	0.106
	10	かき-5	04MP0158		2.22	1.65	0.037	1730	38.4	14	0.31	1.60	0.036	11	0.24	3.68	0.082
	11	むらさき いがい-1	03IS0017		2.848	6.34	0.181	50	1.42	2	0.06	1.83	0.052	7	0.20	3.05	0.087
	12	むらさき いがい-2	03IS0052		3.332	3.59	0.120	29	0.97	<1	-	1.35	0.045	10	0.33	2.67	0.089
	13	むらさき いがい-3	03IS0155		2.6	2.68	0.070	24	0.62	<1	-	1.34	0.035	13	0.34	8.54	0.222
	14	むらさき いがい-4	03IS0114		2.167	4.39	0.095	28	0.61	<1	-	1.59	0.034	56	1.21	7.98	0.173
海藻	15	あらめ-1	04IS0035	除根	4.06	0.62	0.025	<2	-	<1	-	0.14	0.006	3	0.12	0.76	0.031
	16	あらめ-2	04IS0177		4.98	1.09	0.054	4	0.20	<1	-	0.36	0.018	6	0.30	0.16	0.008
	17	あらめ-3	04IS0126		4.37	1.01	0.044	3	0.13	<1	-	0.32	0.014	8	0.35	0.40	0.017
	18	あらめ-4	03IS0173		5.034	0.55	0.028	<2	-	<1	-	0.16	0.008	2	0.10	1.37	0.069

※生重量中の値は、灰中の濃度 (μg/g) × 灰分 (%) / 100より算出した。

表2-1(1) 分析結果(続)

試料区分	試料番号	試料名	試料番号	部位	灰分(%)	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)
海産動物	1	あいなめ-1	03MP0092	肉	2.268	<0.002	-	183	4.15	74.6	1.69	23.9	0.54	298	6.76
	2	あいなめ-2	04MP0116		<0.002	-	184	3.86	109	2.29	30.6	0.64	399	8.38	
	3	あわび	04MP0171		0.008	0.0002	259	5.62	940	20.4	9.33	0.20	153	3.32	
	4	ほや-1	04MP0068		0.058	0.0015	1930	48.3	179	4.48	53.2	1.33	132	3.30	
	5	ほや-2	04MP0067		0.074	0.0018	1430	35.5	242	6.01	80.5	2.00	95.5	2.37	
	6	かき-1	99MP0107	0.060	0.0014	15000	357	1590	37.9	663	15.8	126	3.00		
	7	かき-2	04MP0169	0.030	0.0007	10100	250	837	20.8	449	11.1	106	2.63		
	8	かき-3	04MP0168	0.031	0.0007	10500	248	936	22.1	465	11.0	112	2.64		
	9	かき-4	04MP0170	0.026	0.0007	7310	191	870	22.7	441	11.5	118	3.08		
	10	かき-5	04MP0158	0.032	0.0007	14500	322	1250	27.8	514	11.4	131	2.91		
	11	むらさき いがい-1	03IS0017	0.058	0.0017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	むらさき いがい-2	03IS0052	0.047	0.0016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	むらさき いがい-3	03IS0155	0.015	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	むらさき いがい-4	03IS0114	0.022	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	あらめ-1	04IS0035	0.028	0.0011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16	あらめ-2	04IS0177	0.025	0.0012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17	あらめ-3	04IS0126	0.044	0.0019	50.3	2.20	65.0	2.84	10.7	0.47	3530	154		
	18	あらめ-4	03IS0173	0.020	0.0010	31.8	1.60	65.6	3.30	8.04	0.40	2240	113		
海藻				除根	5.034										

※生重量中の値は、灰中の濃度(μg/g) × 灰分(%) / 100より算出した。

表2-(2) 分析結果

試料区分	通し番号	試料名	試料番号	部位	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	強熱減量
海底土(砂)	19	海底土-1	04SS0180	表層土	5.69	<2	<1	3.32	16	7.18	0.382	32.9	12300	114	515	4.1
	20	海底土-2	04SS0165		7.54	6	<1	2.82	22	14.0	0.506	50.1	14800	99.6	501	7.5
	21	海底土-3	03SS0121		13.1	11	<1	5.52	41	11.5	0.586	56.8	22300	223	934	8.9
	22	海底土-4	04SS0160		13.7	13	<1	5.62	41	16.3	0.714	77.2	25000	214	791	8.1

資料2 環境試料の放射化学分析結果
(高度調査解析委託業務)

石川陽一

1 まえがき

平成16年度は高度調査解析委託業務として、(財)日本分析センターに委託して環境試料(降下物及び土壌)中のプルトニウム(^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$)と放射性ストロンチウム(^{90}Sr)の放射化学分析を実施した。

(1) 試料一覧

表1に分析試料一覧に示す。

表1 分析試料一覧

試料種類	試料番号	試料採取地点	試料採取期間	分析供試量	
				重量(g)	降下物採取面積(m ²)
降下物 (注1)	降下物 1 (02FO0007)	女川町	2001/12/3 ~2002/7/5 *	15.11	採取面積 1.16 m ²
	降下物 2 (02FO0101)	女川町	2002/7/5 ~2002/12/27	4.07	採取面積 0.332 m ²
土壌 (注2)	土壌 1 (02IL0005)	女川町 (屋上)	2002/4/11	15.1	
	土壌 2 (93IL0134)	女川町 (屋上)	1993/11/18	5.05	
	土壌 3 (93IL0127)	仙台市 (屋上)	1993/11/1	15.15	
	土壌 4 (90IL0213)	女川町 (山林)	1990/11/30	15.14	
	土壌 5 (91IL0235)	仙台市 (山林)	1992/3/2	15.17	

* 降下物1は2001/12/3~2002/7/5の期間に採取した0.992m²の試料と、2002/4/9~2002/6/26の期間に別に採取した0.166m²の試料の混合試料である。

(注1) 分析に供した降下物試料の性状: 蒸発残渣の450℃灰化物

(注2) 分析に供した土壌試料の性状: 粒径2mmまたは0.149mm以下の細土

2 分析方法

(1) プルトニウム (^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$) :

文部科学省放射能測定法シリーズ12「プルトニウム分析法」を用い、 ^{242}Pu をトレーサーとして添加、イオン交換法で分離、ステンレス板に電着後アルファ線スペクトロメトリーを行った。

検出器として、ORTEC社製BU-020-450-AS、CANBERRA製 PD450-17-100AMを使用した。

(2) 放射性ストロンチウム (^{90}Sr) :

文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」を用い、イオン交換法で分離、バリウムとラジウムノスカベンジ後 ^{90}Y をミルクキングによって分離し、低バックグラウンド β 線自動測定装置で放射能測定を行った。

計数装置としてAloka社製 LBC-471Q、計数管としてAloka社製FC-511を用いた。

3 分析結果

表1にプルトニウムと放射性ストロンチウムの分析結果を示す。 ^{90}Sr は降下物1と土壌4の試料に検出されたが、 ^{137}Cs との放射能比 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ は各々約2及び約12であった。 $^{239+240}\text{Pu}$ は降下物1と土壌1、3及び4の試料に検出され、 ^{137}Cs との放射能比 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ は各々約0.023、約0.025、約0.0007及び約0.038であった。土壌4(女川町山林)では ^{238}Pu も検出された。これらの核種はいずれも過去の核実験もしくはチェルノブイリ事故起因のものと考えられ、放射能比の解析等によってその起源に関する知見が得られた(本年報の研究論文2参照)。

図1から図7にアルファ線スペクトルと計数データを示す。

表1 プルトニウムと放射性ストロンチウムの分析結果

試料	試料採取地点	試料採取期間	放射能(試料採取年月日現在)				単位
			^{90}Sr	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{137}Cs (注)	
降下物1 (02FO0007)	女川町	2001/12/3 ~2002/7/5	116±19	N D	5.6±0.9	240±5	mBq/m ²
降下物2 (02FO0101)	女川町	2002/7/5 ~2002/12/27	N D	N D	N D	43±7	
土壌1 (02IL0005)	女川町 (屋上)	2002/4/11	N D	N D	0.36±0.04	14.8±0.9	Bq/kg (乾土)
土壌2 (93IL0134)	女川町 (屋上)	1993/11/18	N D	N D	N D	32±1	
土壌3 (93IL0127)	仙台市 (屋上)	1993/11/1	N D	N D	0.093±0.025	136±1	
土壌4 (90IL0213)	女川町 (山林)	1990/11/30	6.0±1.1	0.85±0.02	2.6±0.1	70±1	
土壌5 (91IL0235)	仙台市 (山林)	1992/3/2	N D	N D	N D	2.0±0.4	

(注) ^{137}Cs の値は宮城県原子力センターがGe半導体検出器で測定した結果である。

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			501	357	1	2.67559E-1 ±1.41719E-2
★ Pu-239+240	3.55400E-3 ±5.65379E-4	3.55400E-3 ±5.65379E-4	562	45	1	3.35621E-2 ±5.03458E-3
Pu-238	2.97821E-4 ±1.83730E-4	2.97821E-4 ±1.83730E-4	642	5	6	2.81246E-3 ±1.72864E-3

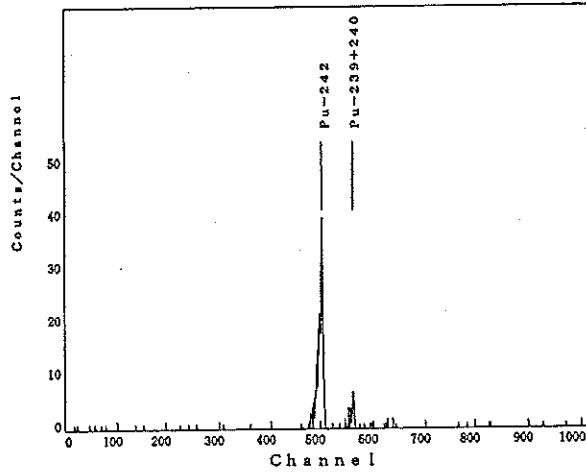


図1 降下物1

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			500	411	2	3.07867E-1 ±1.52068E-2
Pu-239+240	1.89804E-4 ±1.21148E-4	1.89804E-4 ±1.21148E-4	560	3	1	2.06245E-3 ±1.31247E-3
Pu-238	-3.45111E-5 ±8.09510E-5	-3.45111E-5 ±8.09510E-5	639	1	6	-3.75005E-4 ±8.79434E-4

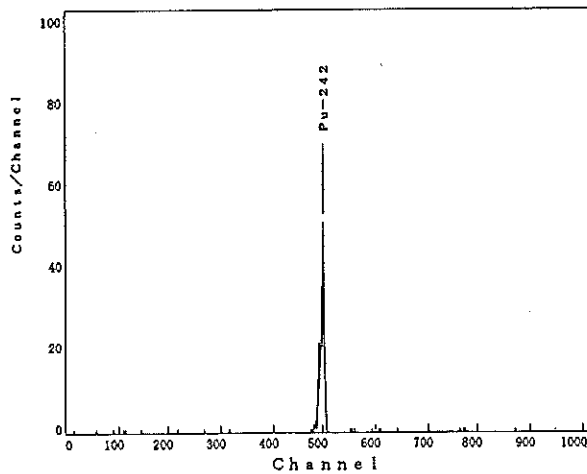


図2 降下物2

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			489	668	3	2.49928E-1 ±9.69721E-3
★ Pu-239+240	5.48373E-3 ±5.27643E-4	5.48373E-3 ±5.27643E-4	549	129	0	4.83732E-2 ±4.25902E-3
Pu-238	1.06271E-4 ±1.18414E-4	1.06271E-4 ±1.18414E-4	628	6	7	9.37440E-4 ±1.04392E-3

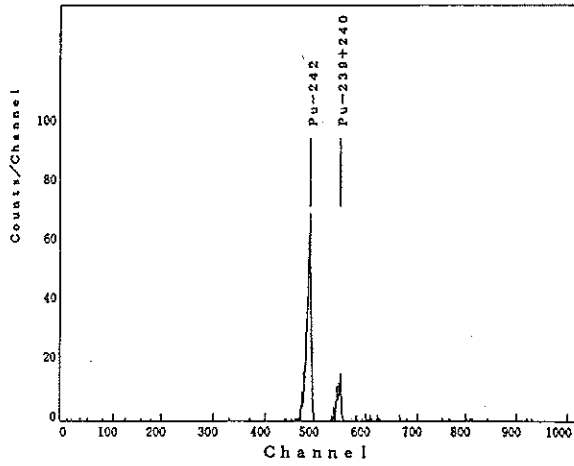


図3 土壤1

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			507	310	2	2.32113E-1 ±1.32071E-2
Pu-239+240	3.43294E-4 ±1.85547E-4	3.43294E-4 ±1.85547E-4	569	4	1	2.81235E-3 ±1.51160E-3
Pu-238	*	*	650	0	0	*

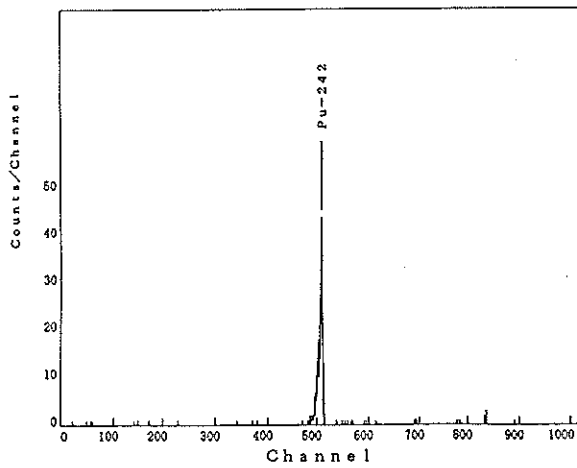


図4 土壤2

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			491	314	1	2.35298E-1 ±1.32905E-2
★ Pu-239+240	1.37712E-3 ±3.71555E-4	1.37712E-3 ±3.71555E-4	551	16	3	1.14368E-2 ±3.01734E-3
Pu-238	1.58027E-4 ±1.64597E-4	1.58027E-4 ±1.64597E-4	629	3	5	1.31239E-3 ±1.36494E-3

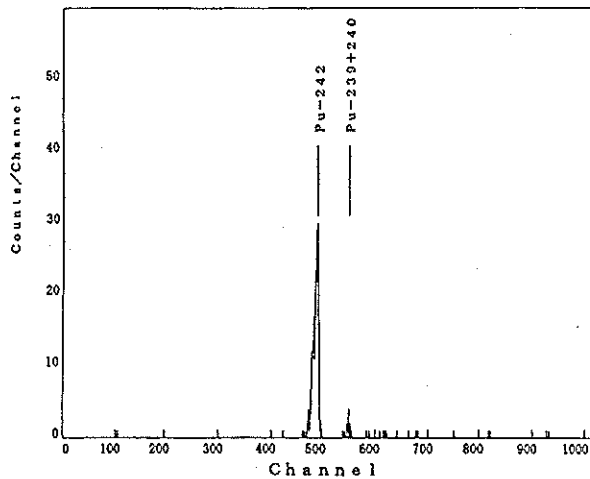


図5 土壤3

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			508	573	2	2.14484E-1 ±8.97977E-3
★ Pu-239+240	3.98004E-2 ±2.17949E-3	3.98004E-2 ±2.17949E-3	568	804	1	3.01290E-1 ±1.06339E-2
★ Pu-238	1.13927E-3 ±2.70980E-4	1.13927E-3 ±2.70980E-4	647	27	8	8.62430E-3 ±2.01929E-3

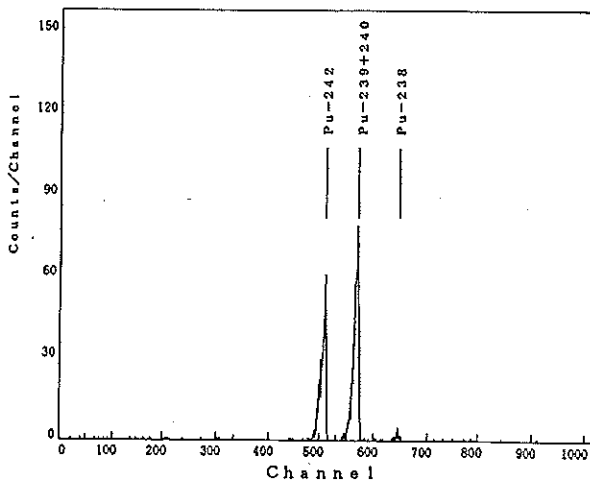


図6 土壤4

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B.G.	Net (cpm)
Pu-242			509	316	2	$2.36604E-1$ $\pm 1.33338E-2$
Pu-239+240	$4.26571E-4$ $\pm 2.03485E-4$	$4.26571E-4$ $\pm 2.03485E-4$	573	5	1	$3.56218E-3$ $\pm 1.68735E-3$
Pu-238	$1.34705E-4$ $\pm 1.31132E-4$	$1.34705E-4$ $\pm 1.31132E-4$	657	2	2	$1.12489E-3$ $\pm 1.09321E-3$

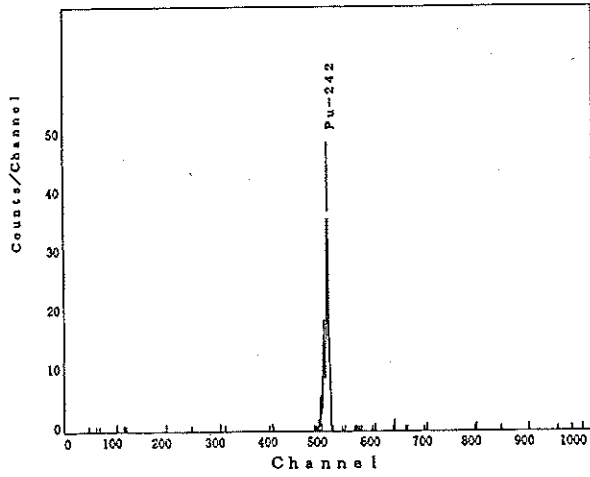


図7 土壤5

資料 3 宮城県における環境放射能核種分析結果

以下に、2004年（平成16年）4月から2005年（平成17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

Ge半導体検出器による分析結果 :

表-2～表-28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16年度 女川原子力発電所 環境放射能調査結果（平成17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。

^{90}Sr 分析結果 :

表-29

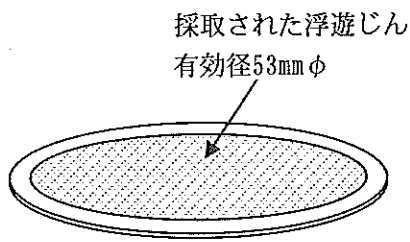
^3H 分析結果 :

表-30

文部科学省委託調査結果（平成16年度） :

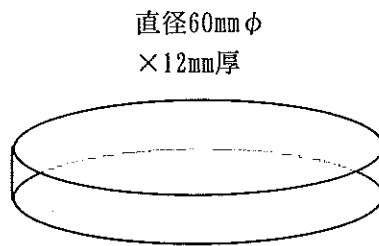
表-31～表-37 :

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。



(a) 大気浮遊じん用ろ紙

上：セルロース・
 ガラスせんいろ紙 (Toyo, HE-40T)
 下：活性炭ろ紙 (Toyo, CP-20)

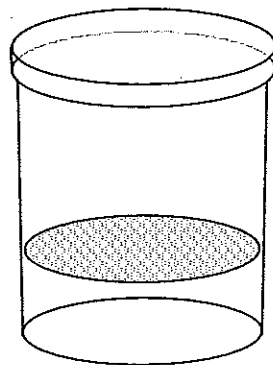


(b) ディスク状容器

材質：アクリル樹脂
 用途：プレス成形した灰試料用

(c) U 8 型容器

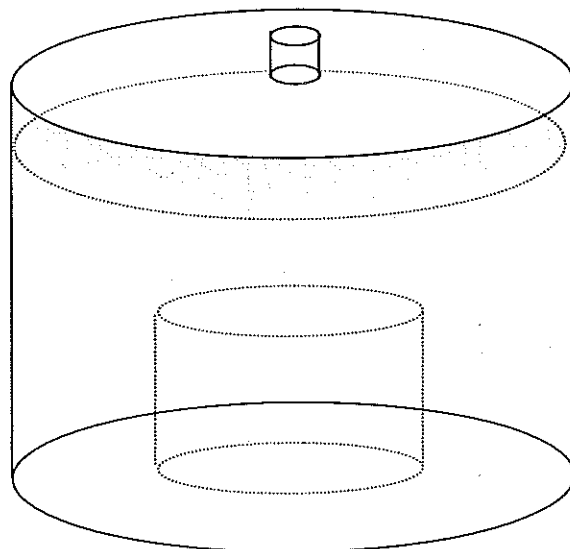
材質：ポリスチレン樹脂
 用途：降下物、土壌、その他の試料用



容器：
 直径47mmφ
 ×50mm高
 試料厚：
 0~50mmの範囲で
 任意

(d) マリネリ容器

(牛乳その他の試料用)



容積：2ℓ

図-1 Ge半導体検出器用
 測定試料形状と容器

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)		82.0φ×100.3	64.3φ×64.5	65.8φ×71.5	51.7φ×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		Dellコンピュータ、PowerEdge600SC			

* 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、⁶⁰Coの1.33 MeV-γ線エネルギーにおける
3"φ×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 月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		女川町(原子力センター)					
採取期間	2004. 4. 1 ~2004. 4. 28	2004. 4. 28 ~2004. 6. 1	2004. 6. 1 ~2004. 7. 1	2004. 7. 1 ~2004. 7. 30	2004. 7. 30 ~2004. 9. 1	2004. 9. 1 ~2004. 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	04F00024* (注1)	04F00063*	04F00090*	04F00118*	04F00133*	04F00150*	
放射能	Be-7	281±2	157±1	136.5±0.8	64.7±0.8	60.4±0.6	117.5±0.7
	K-40	1.9±0.2	1.2±0.2	0.91±0.17	—	0.85±0.18	0.86±0.14
	Pb-210	30.9±0.3	20.0±0.3	22.6±0.3	15.0±0.2	8.2±0.2	12.6±0.2
	Cs-137	(0.039) (注2)	— (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)	4.8	3.0	2.7	1.6	3.5	2.4	
Ge 検出器番号	2	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及び蒸発残渣量などの値を既に「女川原子力発電所環境放射能及び温排水調査結果(平成16年度分)」に報告済みであることを示す。ほかの試料についても同様である。

(注2) 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)。

(注3) 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 月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(原子力センター)					
採取期間	2004. 10. 1 ~2004. 11. 1	2004. 11. 1 ~2004. 12. 1	2004. 12. 1 ~2005. 1. 5	2005. 1. 5 ~2005. 2. 1	2005. 2. 1 ~2005. 3. 1	2005. 3. 1 ~2005. 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	04F00153*	04F00185*	04F00199*	04F00209*	04F00241*	04F00254*	
放射能	Be-7	316±1	71.4±0.6	55.6±0.5	77.3±0.8	80.4±0.7	106.8±0.7
	K-40	1.2±0.2	1.5±0.2	0.97±0.15	1.2±0.2	1.0±0.1	3.6±0.2
	Pb-210	35.2±0.4	11.8±0.2	8.8±0.2	7.7±0.2	12.2±0.2	24.1±0.3
	Cs-137	—	—	—	—	—	(0.043) #
	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)	3.2	3.0	2.4	4.0	2.9	9.6	
Ge 検出器番号	3	2	2	2	2	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	

試料番号04F00254: No.2 Ge 検出器による25万秒の測定ではCs-137の値は0.024±0.004であった。

表-4 月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		仙台市 (保健環境センター) (注)					
採取期間	2004. 4. 1 ~2004. 4. 28	2004. 4. 28 ~2004. 6. 1	2004. 6. 1 ~2004. 7. 1	2004. 7. 1 ~2004. 7. 30	2004. 7. 30 ~2004. 9. 1	2004. 9. 1 ~2004. 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	04F00025*	04F00064*	04F00091*	04F00119*	04F00134*	04F00151*	
放射能	Be- 7	197±1	124.1±0.9	139.6±0.8	78.3±0.9	55.5±0.6	96.8±0.7
	K - 40	2.8±0.2	1.5±0.2	1.0±0.2	1.2±0.2	1.0±0.1	0.66±0.13
	Pb-210	25.9±0.3	15.3±0.3	14.7±0.2	15.6±0.2	7.5±0.2	9.7±0.2
	Cs-137	(0.044) [#]	(0.048)	—	—	—	—
	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)	7.8	3.7	2.5	3.1	3.2	2.1	
Ge 検出器番号	2	3	3	3	2	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。

試料番号04F00025: No.1 Ge 検出器による Anti Compton 方式の8万秒測定ではCs-137の値は0.051±0.007であった。

表-5 月間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	2004. 10. 1 ~2004. 11. 1	2004. 11. 1 ~2004. 12. 1	2004. 12. 1 ~2005. 1. 5	2005. 1. 5 ~2005. 2. 1	2005. 2. 1 ~2005. 3. 1	2005. 3. 1 ~2005. 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	04F00154*	04F00186*	04F00200*	04F00210*	04F00242*	04F00255*	
放射能	Be- 7	83.9±0.7	70.6±0.8	39.7±0.4	33.2±0.6	97.2±0.8	80.1±0.6
	K - 40	2.3±0.2	17.7±0.4	1.3±0.2	0.80±0.17	0.82±0.14	1.3±0.2
	Pb-210	9.3±0.2	6.8±0.2	10.1±0.2	7.4±0.2	15.7±0.2	16.7±0.2
	Cs-137	—	—	—	—	—	—
	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)	2.5	7.6	3.5	2.3	2.3	3.5	
Ge 検出器番号	3	2	3	3	2	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	2004. 3. 30 ~2004. 6. 30	2004. 6. 30 ~2004. 9. 30	2004. 9. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2005. 3. 31	
採取月	4~6 月分	7~9 月分	10~12 月分	1~3 月分	
試料番号	04F00085*		04F00190*	04F00246*	
放射能	Be- 7	365±3		254±2	187±2
	K - 40	3.7±0.6		7.3±0.9	4.1±0.5
	Pb-210	83.7±1.0		65.3±1.2	43.0±0.7
	Cs-137	—		—	—
	単位	Bq/m ²		Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)	0.166		0.166	0.166	
蒸発残渣量(g/m ²)	11.6		欠測(注2)	11.4	
Ge 検出器番号	3		3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	欠測 (注1)	80000	80000	

(注1) 6月30日~9月30日の期間については、鳥の死骸混入のため欠測。

(注2) 9月30日~12月27日の期間については、前期に鳥死骸混入があったので採取前に消毒剤を添加したところ残渣量が174 g/m²と多くなったため、蒸発残渣量を欠測扱いとした。

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	2004. 3. 30 ~2004. 6. 30	2004. 6. 30 ~2004. 9. 30	2004. 9. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2005. 3. 31	
採取月	4~6 月分	7~9 月分	10~12 月分	1~3 月分	
試料番号	04F00086*	04F00146*	04F00189*	04F00245*	
放射能	Be- 7	403±3	169±2	270±2	192±2
	K - 40	5.2±0.5	(2.1)	3.5±0.5	6.2±0.5
	Pb-210	77.8±0.9	39.8±0.7	62.7±0.8	36.2±0.6
	Cs-137	—	—	—	—
	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)	11.3	7.8	11.9	11.1	
Ge 検出器番号	2	3	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		牡鹿町(谷川MS)			
採取期間		2004. 3. 30 ~2004. 6. 30	2004. 6. 30 ~2004. 9. 30	2004. 9. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2004. 3. 31
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		04F00087*	04F00147*	04F00191*	04F00247*
放射能	Be-7	338±2	116±1	226±2	172±2
	K-40	2.9±0.6	5.8±0.6	5.5±0.5	4.1±0.6
	Pb-210	82.2±1.0	22.5±0.6	53.9±0.7	42.9±0.7
	Cs-137	—	—	—	—
	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)		9.5	9.3	12.1	11.0
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

表-9 四半期間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		女川町(原子力センター)			
採取期間		2004. 3. 30 ~2004. 6. 30	2004. 6. 30 ~2004. 9. 30	2004. 9. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2005. 3. 31
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		04F00088	04F00148	04F00192	04F00248
放射能	Be-7	338±7	130±1	173±4	190±2
	K-40	9.5±0.4 #	3.2±0.6	5.1±0.6	8.8±0.7
	Pb-210	73.8±0.9	30.9±0.7	56.1±0.8	56.7±0.8
	Cs-137	0.11±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)		20.3	10.5	14.5	22.7
Ge 検出器番号		4	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000

試料番号04F00088: K-40とCs-137についてはNo.2 Ge検出器による25万秒の測定結果である。

表-10 黄砂用降下物の核種分析結果(1) (注)

試料名		降下物			
		雨水・ちり			
採取地点		女川町(原子力センター)		仙台市(保健環境センター)	
採取期間		2004.7.7 ~2005.1.5	2005.1.5 ~2005.3.17	2004.7.7 ~2005.1.5	2005.1.5 ~2005.3.17
試料番号		04F00155	04F00243	04F00156	04F00244
放射能	Be-7	213±6	169±6	197±5	111±6
	K-40	9.7±0.2	7.2±0.3	11.9±0.2	2.0±0.3
	Pb-210	16.1±0.3 [#]	8.3±0.2	38.8±0.3 ^{##}	3.9±0.2
	Cs-137	0.030±0.006	—	0.036±0.005	—
	単位	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/m ²
試料採取面積(m ²)		0.359	0.332	0.538	0.332
蒸発残渣量(g/m ²)		25.6	27.3	20.1	6.72
Ge 検出器番号		1	3	1	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		250000	80000	336201	80000
備考					

(注) 本試料は女川町では1階屋上、また仙台市では地表付近にプラスチック製のタンクを2~4個ずつ置いて採取したものである。

試料番号04F00155: Pb-210についてはNo.3 Ge 検出器による8万秒の測定結果である。

試料番号04F00156: Pb-210についてはNo.4 Ge 検出器による25万秒の測定結果である。

表-11 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		2004.11.10
試料番号		04VG0176*
放射能	Be-7	—
	K-40	29.2±0.2
	Pb-210	—
	Cs-137	(0.011)
	単位	Bq/kg生
試料量(kg生)		6.11 (注)
灰分(%)		0.505
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、指標植物、魚介類及び指標海産物についても同様である。

表-12 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		2004.11.10	2004.11.10	2004.11.10	2004.11.10
試料番号		04VG0174*	04VG0175*	04VG0172*	04VG0173*
放射能	Be-7	0.12±0.02	8.5±0.2	0.091±0.022	10.8±0.1
	K-40	73.5±0.3	100.1±0.6	71.9±0.3	81.4±0.4
	Pb-210	—	2.3±0.1	—	1.97±0.06
	Cs-137	—	—	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		7.18	2.42	7.16	3.20
灰分(%)		0.627	1.20	0.630	1.40
Ge検出器番号		3	3	3	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

表-13 陸水の核種分析結果

試料名		陸水			
		水道原水			
採取地点		女川町野々浜		牡鹿町奇磯	
採取月日		2004.7.29	2005.1.11	2004.7.29	2005.1.11
試料番号		04LW0120*	04LW0201*	04LW0121*	04LW0202*
放射能	Be-7	(18)	—	—	—
	K-40	17±4	—	29±5	24±4
	Pb-210	20±3	—	12±3	—
	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		3	2	3	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

表-14 陸土の核種分析結果

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		2004.6.9		2004.6.28	
試料番号		04LS0069*		04LS0080* ##	
放射能 (注2)	Be-7	—	—	—	—
	K-40	25000±300	493±8	9500±200	238±6
	Pb-212	1570±40 #	29.2±0.7 #	920±20	23.2±0.5
	Pb-214	830±40 #	15.4±0.8 #	720±20	18.1±0.6
	Cs-137	353±10	6.5±0.3	150±10	3.7±0.2
	単位	Bq/m ²	Bq/kg 乾土	Bq/m ²	Bq/kg 乾土
試料量		17.6 cm ²	0.0945 kg	19.3 cm ²	0.0768 kg
Ge 検出器番号		1	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、試料が厚く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。

試料番号04LS0069: Pb-212とPb-214についてはNo.4 Ge検出器による8万秒の測定結果である。

試料番号04LS0080: 「女川原子力発電所 環境放射能及び温排水調査結果(平成16年度分)」に記載したデータとは解析条件が異なる。

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		2004.3.30 ~2004.4.27	2004.4.27 ~2004.5.31	2004.5.31 ~2004.6.30	2004.6.30 ~2004.7.30	2004.7.30 ~2004.9.1	2004.9.1 ~2004.9.30
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		04AE0029*	04AE0058*	04AE0081*	04AE0122*	04AE0136*	04AE0143*
放射能	Be-7	5.1±0.1	3.4±0.1	3.42±0.09	1.9±0.1	3.28±0.09	3.96±0.10
	K-40	—	—	—	0.32±0.06	0.17±0.05	—
	Pb-210	1.28±0.07	0.69±0.05	0.71±0.05	0.63±0.04	0.57±0.04	0.91±0.06
	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)		927	1111	1022	1226	1427	1097
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

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	2004. 9. 30 ~2004. 10. 29	2004. 10. 29 ~2004. 11. 30	2004. 11. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2005. 1. 31	2005. 1. 31 ~2005. 2. 28	2005. 2. 28 ~2005. 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	04AE0161*	04AE0182*	04AE0194*	04AE0204*	04AE0236*	04AE0249*	
放射能	Be-7	4.2±0.1	4.8±0.1	4.2±0.1	3.2±0.1	4.7±0.1	
	K-40	-	-	-	-	0.29±0.08	
	Pb-210	0.89±0.05	1.21±0.05	1.22±0.06	0.81±0.04	0.92±0.06	1.18±0.05
	Cs-137	-	-	-	-	-	
	単位		mBq/m ³	mBq/m ³		mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)	1095	1166	1044	1413	1132	1137	
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(3)

試料名	浮遊じん						
	-						
採取地点	牡鹿町(鮫浦MS)						
採取期間	2004. 3. 30 ~2004. 4. 27	2004. 4. 27 ~2004. 5. 31	2004. 5. 31 ~2004. 6. 30	2004. 6. 30 ~2004. 7. 30	2004. 7. 30 ~2004. 9. 1	2004. 9. 1 ~2004. 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	04AE0030*	04AE0059*	04AE0082*	04AE0123*	04AE0137*	04AE0144*	
放射能	Be-7	7.9±0.2	5.3±0.1	5.8±0.1	1.7±0.1	3.81±0.08	
	K-40	-	-	-	-	0.19±0.05	
	Pb-210	1.98±0.08	1.15±0.06	1.14±0.06	0.55±0.04	0.68±0.04	0.96±0.04
	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)	792	969	871	1331	1419	1310	
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-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		2004. 9. 30 ~2004. 10. 29	2004. 10. 29 ~2004. 11. 30	2004. 11. 30 ~2004. 12. 27	2004. 12. 27 ~2005. 1. 31	2005. 1. 31 ~2005. 2. 28	2005. 2. 28 ~2005. 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		04AE0162*	04AE0183*	04AE0195*	04AE0205*	04AE0237*	04AE0250*
放射能	Be-7	4.5±0.1	5.1±0.1	4.4±0.1	2.9±0.1	3.4±0.1	4.6±0.1
	K-40	—	0.41±0.07	—	—	—	—
	Pb-210	0.74±0.05	1.24±0.05	1.16±0.06	0.73±0.04	0.85±0.05	1.15±0.06
	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)		1161	1357	1030	1525	1209	1104
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 指標植物の核種分析結果

試料名		よもぎ	
		葉	
採取地点		牡鹿町谷川	岩出山町
採取月日		2004. 7. 5	2004. 7. 20
試料番号		04IL0095*	04IL0114*
放射能	Be-7	52.8±0.5	52.2±0.5
	K-40	254.0±0.9	244.6±0.9
	Pb-210	8.6±0.2	6.9±0.1
	Cs-137	—	0.075±0.009
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.79	1.81
灰分(%)		2.53	2.48
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-20 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		2004. 7 28	
試料番号		04MP0116*	
放射能	Be- 7	—	
	K - 40	116.1±0.6	
	Pb-210	—	
	Cs-137	0.085±0.006	
	単位	Bq/kg生	
試料量(kg生)		2.15	
灰分(%)		2.10	
Ge 検出器番号		2	
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	
備 考			

表-21 魚介類の核種分析結果(2)

試料名		ほ や	ほ や	あわび
		肉	肉	肉
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		2004. 6. 7	2004. 6. 7	2004.11.10
試料番号		04MP0067*	04MP0068*	04MP0171*
放射能	Be- 7	11.6±0.2	11.0±0.2	0.65±0.05
	K - 40	95.1±0.6	89.4±0.6	73.2±0.5
	Pb-210	2.6±0.1	1.30±0.09	0.33±0.07
	Cs-137	(0.025)	—	(0.022)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.81	1.80	2.07
灰分(%)		2.48	2.50	2.17
Ge 検出器番号		3	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000
備 考				

表-22 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		2004.11.9	2004.11.9	2004.11.9	2004.10.26
試料番号		04MP0169*	04MP0168*	04MP0170*	04MP0158*
放射能	Be-7	3.24±0.09	3.92±0.09	3.07±0.09	1.03±0.07
	K-40	73.7±0.5	71.9±0.5	60.4±0.5	77.3±0.5
	Pb-210	3.4±0.1	5.2±0.1	3.5±0.1	2.30±0.09
	Cs-137	0.029±0.007	(0.021)	(0.024)	(0.024)
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.82	1.91	1.73	2.03
灰分(%)		2.48	2.36	2.61	2.22
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					対照地点

表-23 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		2004.4.19	2004.5.7	2004.4.19	2004.5.7
試料番号		04MP0007*	04MP0034*	04MP0008*	04MP0033*
放射能	Be-7	—	0.67±0.10	(0.45)	(0.59)
	K-40	203±1	221.0±0.8	173±1	182±1
	Pb-210	—	—	—	—
	Cs-137	(0.045)	0.028±0.008	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.12	1.13	1.12	1.13
灰分(%)		4.02	3.99	4.03	3.99
Ge検出器番号		3	1	3	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

表-24 海水の核種分析結果

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		2004. 5.11	2004.11.24	2004. 5.24	2004.11.4	2004.10.26
試料番号		04SW0050*	04SW0180*	04SW0052*	04SW0166*	04SW0159*
放射能	Cs-137	2.1±0.3	2.4±0.5	1.5±0.3	1.9±0.4	2.1±0.5
	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		2	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-25 海底土の核種分析結果

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		2004. 5.11	2004.11.24	2004. 5.24	2004.11.4	2004.10.26
試料番号		04SS0038*	04SS0181*	04SS0051*	04SS0165*	04SS0160*
放射能 (注)	Be- 7	—	5.3±0.9	—	—	6.3±1.6
	K - 40	480±7	487±6	547±8	542±8	351±6
	Pb-212	15.7±0.4	17.1±0.4	20.3±0.5	20.0±0.5	14.0±0.4
	Pb-214	12.5±0.4	16.4±0.4	18.6±0.8	24.7±0.7	15.3±0.5
	Cs-137	—	(0.50)	1.6±0.2	1.4±0.2	1.6±0.2
	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)		121	133	103	118	106
Ge 検出器番号		2	2	3	3	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000	80000
備 考						対照地点

(注) 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-26 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	2004. 5. 7	2004. 8. 3	2004.11.15	2005. 2.15	2004. 5. 7	2004. 8. 3	
試料番号	04IS0036*	04IS0127*	04IS0178*	04IS0212*	04IS0035*	04IS0126*	
放射能	Be-7	—	(0.87)	2.1±0.2	—	—	(1.0)
	K-40	332±1	264±1	377±2	414±2	273±1	263±1
	Pb-210	—	—	—	—	—	—
	Cs-137	(0.057)	0.058±0.012	0.073±0.011	(0.061)	—	0.075±0.012
	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)	1.04	1.04	0.89	0.941	1.11	1.03	
灰分(%)	4.34	4.36	5.05	4.74	4.06	4.37	
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-27 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	2004.11.15	2005. 2.15	2004. 5. 7	2004. 8. 3	2004.11.15	2005. 2.15	
試料番号	04IS0177*	04IS0211*	04IS0037*	04IS0128*	04IS0179*	04IS0213*	
放射能	Be-7	1.3±0.1	—	—	—	1.2±0.2	—
	K-40	396±2	395±2	330±1	249±1	413±2	384±2
	Pb-210	—	—	—	0.90±0.23	—	—
	Cs-137	(0.062)	—	—	0.070±0.012	(0.070)	—
	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)	0.90	0.928	1.05	1.05	0.88	0.995	
灰分(%)	4.98	4.69	4.29	4.30	5.11	4.60	
Ge 検出器番号	2	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-28 指標海産物の核種分析結果(3)

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		2004. 4.19	2004. 6. 4	2004. 9. 1	2005.1.14
試料番号		04IS0006*	04IS0066*	04IS0131*	04IS0203*
放射能	Be- 7	5.8±0.1	14.1±0.2	9.4±0.1	3.2±0.1
	K - 40	88.5±0.5	86.5±0.6	77.0±0.5	86.1±0.5
	Pb-210	3.51±0.09	4.1±0.1	2.65±0.08	2.76±0.09
	Cs-137	0.027±0.005	(0.028)	0.034±0.005	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		2.15	1.51	2.17	1.81
灰分(%)		2.10	2.99	2.08	2.50
Ge 検出器番号		2	3	2	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備 考					

(2) ^{90}Sr 分析結果

表-29 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	2004.11.10	—	Bq/kg生	0.029	—	04VG0176
よもぎ	葉	谷 川	2004. 7. 5	0.140±0.006	Bq/kg生	1.1	0.123±0.006	04IL0095
よもぎ	葉	岩出山 (対照地点)	2004. 7. 20	0.88±0.02	Bq/kg生	2.4	0.360±0.006	04IL0114
あいなめ	肉	前面海域	2004. 7. 28	—	Bq/kg生	4.7	—	04MP0116
かき	除殻	飯子浜	2004.11.9	—	Bq/kg生	0.51	—	04MP0169
かき	除殻	気仙沼	2004.10.26	—	Bq/kg生	0.32	—	04MP0158
ほや	肉	小屋取	2004. 6. 7	—	Bq/kg生	0.23	—	04MP0067
わかめ	除根	シウリ崎	2004. 5. 7	—	Bq/kg生	1.1	—	04MP0033
あらめ	除根	シウリ崎	2004. 8. 3	—	Bq/kg生	3.1	—	04IS0127
あらめ	除根	シウリ崎	2005. 2. 15	—	Bq/kg生	1.6	—	04IS0212

(3) ³H分析結果

表-30 H-3の分析結果

試料名		採取地点	採取年月日	H-3 濃度		試料番号
				測定値	単位	
陸水	水道原水	野々浜	2004. 7. 29	—	mBq/l	04LW0120
			2005. 1. 11	—		04LW0201
		寄磯	2004. 7. 29	—		04LW0121
			2005. 1. 11	510±170		04LW0202
海水	表層水	放水口付近	2004. 5. 11	—		04SW0050
			2004. 11. 24	—		04SW0180
		気仙沼湾	2004. 10. 26	—	04SW0159	

(4) 文部科学省委託調査結果

表-31 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			単位
				最低値	最高値	過去の値	最低値	最高値	過去の値	
降下物	宮城県原子力センター	2004.4月 ～ 2005.3月	12	ND	ND	ND ~ 0.135	ND	2.8	ND ~ 5.5	MBq/km ²
陸水	宮城県保健環境センター	2004. 6月	1	ND	ND	ND ~ 0.252	19	19	17 ~ 36.7	mBq/ℓ
土壌	宮城県 岩出山町	2004. 9月	1	5.3	5.3	4.3 ~ 6.9	230	230	180 ~ 260	Bq/kg 乾土
				200	200	160 ~ 225	8800	8800	6790 ~ 10000	MBq/km ²
精米	宮城県 岩出山町	2004. 9月	1	3.9	3.9	0.80 ~ 3.9	270	270	202 ~ 270	Bq/kg 乾土
				730	730	138 ~ 694	50000	50000	34420 ~ 52000	MBq/km ²
野菜	宮城県 石巻市	2004.11月	1	ND	ND	ND ~ 0.077	22	22	23 ~ 37.4	Bq/kg 精米
	宮城県 利府町	2004. 9月	1	0.024	0.024	ND ~ 0.11	77	77	36.3 ~ 108	Bq/kg 生
	宮城県 利府町	2004. 7月	1	ND	ND	ND ~ 0.029	310	310	122 ~ 350	Bq/kg 生
牛乳	宮城県畜産試験場	2004.5~10月	6	ND	ND	ND ~ 0.047	41	48	44.3 ~ 63.1	Bq/ℓ
	宮城県 利府町	2004. 7月	1	ND	ND	ND ~ 0.062	46	46	41.1 ~ 59.1	Bq/ℓ
日水産生物	宮城県 石巻市	2004.8,12月	2	ND	ND	ND ~ 0.12	67	69	45.1 ~ 88	Bq/人・日
	宮城県 利府町	2004. 7月	1	0.041	0.041	ND ~ 0.197	110	110	72 ~ 143	Bq/ kg 生

(注) これらのデータは、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの受託事業として、宮城県が実施した平成16年度「環境放射能水準調査」の成果です。

表-32 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	120 mm厚
分解能	FWHM = 1.96 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	55.5 %
測定容器	U8

大型水筒型式	石巻精機製、直径80cm、深さ40cm
材質及び厚み	ステンレス製、3.0mm
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		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)
04F00023	2004/04/01 2004/04/28	27	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	117.5	65.50	65.50	
04F00062	2004/04/28 2004/06/01	34	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	164.5	74.55	74.55	
04F00089	2004/06/01 2004/07/01	30	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	114.5	58.85	58.85	
04F00117	2004/07/01 2004/07/30	29	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	112.5	64.85	64.85	
04F00132	2004/07/30 2004/09/01	33	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	52.0	35.95	35.95	
04F00149	2004/09/01 2004/10/01	30	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	82.0	57.95	57.95	
04F00152	2004/10/01 2004/11/01	31	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	323.0	142.4	142.4	
04F00184	2004/11/01 2004/12/01	30	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	78.0	52.55	52.55	
04F00198	2004/12/01 2005/01/05	35	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	97.0	72.50	72.50	
04F00208	2005/01/05 2005/02/01	27	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	57.0	54.51	54.51	
04F00240	2005/02/01 2005/03/01	28	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	37.0	46.30	46.30	
04F00253	2005/03/01 2005/04/01	31	宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12-7原子力セクター-屋上	38:26:46	141:26:59	80.5	44.10	44.10	

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)	
04F00023	2004/05/12	80000	256 ± 1.1	2.2 ± 0.21	N.D	
04F00062	2004/09/17	80000	140 ± 1.5	1.37 ± 0.19	N.D	
04F00089	2004/09/18	80000	130 ± 1.2	0.72 ± 0.17	N.D	
04F00117	2004/09/27	80000	70 ± 0.78	N.D	N.D	
04F00132	2004/09/29	80000	61 ± 0.60	1.2 ± 0.20	N.D	
04F00149	2004/10/16	80000	100 ± 0.70	0.72 ± 0.18	N.D	
04F00152	2004/12/09	80000	310 ± 1.4	1.5 ± 0.16	N.D	
04F00184	2004/12/15	80000	63 ± 0.56	1.2 ± 0.20	N.D	
04F00198	2005/03/09	80000	49 ± 0.74	0.78 ± 0.18	N.D	
04F00208	2005/03/20	80000	N.D	1.3 ± 0.19	N.D	
04F00240	2005/04/05	80000	74 ± 0.67	1.1 ± 0.14	N.D	
04F00253	2005/04/12	80000	100 ± 0.71	2.8 ± 0.21	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。

表-35 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	120 mm厚
分解能	FWHM = 1.96 keV(Co-60,1332keV)
相対効率	55.5 %
測定容器	U8容器(U8)又はマリネリビーカー(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	経度 度分秒				
04VG0164	穀類	米	糯米	2004/11/02	宮城県石巻市商境	141:17:48	生,M	—	1847.8	
04VG0092	葉菜類	ほうれんそう	葉	2004/07/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1	140:59:06	灰,U8	2.61	82.38	
04VG0135	根菜類	だいこん	根	2004/09/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1	140:59:06	灰,U8	0.585	24.83	
04MP0093	魚類	かれい	全体	2004/07/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1	140:59:06	灰,U8	3.34	82.62	

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)	
04VG0164	2004/11/02	80000	N.D	22 ± 0.43	N.D	
04VG0092	2004/09/25	80000	N.D	310 ± 1.1	N.D	
04VG0135	2004/09/30	80000	0.22 ± 0.052	77 ± 0.40	0.024 ± 0.004	
04MP0093	2004/09/26	80000	N.D	110 ± 0.74	0.041 ± 0.007	

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-37 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	120 mm厚
分解能	FWHM = 1.96 keV (Co-60, 1332keV)
相対効率	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		測定試料 形態	供試量 (L)	備考
				住所	緯度 (度分秒)			
04M10057	牛乳	原乳	2004/05/28	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10079	牛乳	原乳	2004/06/28	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10115	牛乳	原乳	2004/07/20	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10130	牛乳	原乳	2004/08/26	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10140	牛乳	原乳	2004/09/21	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10157	牛乳	原乳	2004/10/20	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
04M10094	牛乳	市販乳	2004/07/01	宮城県宮城郡利府町中央三丁目4-1		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
04M10057	2004/05/28	80000	N.D	48 ± 0.58	N.D	N.D
04M10079	2004/06/28	80000	N.D	48 ± 0.59	N.D	N.D
04M10115	2004/07/20	80000	N.D	47 ± 0.58	N.D	N.D
04M10130	2004/08/26	80000	N.D	41 ± 0.59	N.D	N.D
04M10140	2004/09/21	80000	N.D	47 ± 0.58	N.D	N.D
04M10157	2004/10/20	80000	N.D	46 ± 0.58	N.D	N.D
04M10094	2004/07/01	80000	N.D	46 ± 0.58	N.D	N.D

計数値がその計数器差の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 22 巻 2004年

平成 18 年 1 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
