

宮城県原子力センター年報

第 21 卷

平成 15 年

ANNUAL REPORT

OF

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY
RESEARCH INSTITUTE OF MIYAGI

VOL. 21 (2003)

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. 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(3)	5
石川陽一、面川和信、木立 博、伊藤節男、佐々木俊行、 檜崎幸範、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(2)	
-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-	12
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(3)	26
木立 博、面川和信、石川陽一、佐々木俊行	

III 学会発表等の要旨

1. 学会発表	37
2. 誌上发表	39

IV 資 料

1. 環境試料の安定元素分析結果(ICP法)	41
石川陽一	
2. 環境試料の放射化学分析結果	46
石川陽一	
3. 宮城県における環境放射能核種分析結果	52
(1) Ge半導体検出器による分析結果	55
(2) ^{90}Sr 分析結果	70
(3) ^3H 分析結果	71
(4) 文部科学省委託調査結果	72

C o n t e n t s

Preface

I Outline of Environmental Radioactivity Research Institute of Miyagi.

II Papers

1. Influences of the Asian Continent Aerosols in Measuring the Radioactivity of Fallout samples (3). ----- 5
Yoichi Ishikawa, Kazunobu Omokawa, Hiroshi Kidachi, Setsuo Ito, Toshiyuki Sasaki, Yukinori Narazaki and Toshitaka Suzuki
2. Fundamental Analysis of Diffusion of the Radionuclides in the Atmonphere (2)
-A backward-trajectory analysis of the source of natural radionuclides which affect environmental gamma-ray dose-rate - ----- 12
Hiroshi Kidachi, Yoichi Ishikawa and Toshiyuki Sasaki
3. Some Investigations on Measurment of the Aritificial Gamma-Ray Dose Rate Using a Response Matrix Method (3). ----- 26
Hiroshi Kidachi, Kazunobu Omokawa, Yoichi Ishikawa and Toshiyuki Sasaki

III Abstracts

1. Conferences ----- 37
2. Papers ----- 39

IV Data

1. Results of Stable Element Analysis by ICP method. ----- 41
Yoichi Ishikawa
2. Results of Radiochemical Analysis of Environmental Samples. ----- 46
Yoichi Ishikawa
3. Results of Radionuclide Analysis of Environmental Samples. ----- 52
 - (1) Results of Gamma-ray Spectrometry with a Ge-detector. ----- 55
 - (2) Results of ⁹⁰Sr Analysis. ----- 70
 - (3) Results of ³H Analysis. ----- 71
 - (4) Fallout Survey Data in Miyagi Prefecture. ----- 72

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16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(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
	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)

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 フレームスキヤコンバータ	アロカ、FSC-64000AC	1式	H. 1	環境放射線監視システム用
4 可搬型モニタリングポスト	アロカ、MAR-561	3台	H. 6	
5 気象測器	小笠原測器、風向風速計発信器WS-B16型、ほか	6式	H15 (更新)	女川、飯子浜、小屋取、 寄磯、鮫浦、谷川 各MS用
6 粉じん計	紀本電子工業、SPM-613D	1台	H15	
7 環境放射線監視システム	富士通	1式	H. 13	
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	テレメータシステム
10 電離箱式放射線監視装置	アロカ、RIC-338他	7式	H. 12	
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・ガスフローカウンタ	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	セロ-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 フラドンモニタ	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・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 熱蛍光線量読取装置	松下電器産業、UD-5160Pほか	1台	H. 15 (更新)	
26 ガン線量率スペクトロメータ	アロカ、JSM-102	1台	H. 2	
27 スペクトロメータ	アロカ、SS-γ	1式	H. 2	
28 低BG液体シンチエノンカウンタ	アロカ、LSC-LB 5	1台	H. 13	
29 蒸発濃縮装置	ヒロヤジャパン、LACE-002-5	1式	H. 7	
30 電気灰化炉	ヒロヤジャパン、KH-20R	1式	H. 7	
Ge半導体スペクトロメータ	セイコーEG&G、オールドック	1式	H. 8	

監視・測定用

5 主要設備・機器（重要物品）（続）

	名称	メーカー・型式等	数量	取得年度	備考
監視・測定用	31 計測室Geシステム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 (更新)	試験採取用自動車
	32 可搬型Ge検出器システム	キヤンベラ社、GR-1528型Ge検出器ほか	1式	H.15 (更新)	
	33 蛍光X線装置	スベック社Panalatyca1、Epsilon5	1台	H.15	
	34 小型貨物自動車	ニッサン、パネット、1780cc	1台	H.15	
	35 特殊用途自動車 移動観測車	マツダ、ボンゴ、1788cc	1台	H.12	
広報・展示用	1 宇宙飛跡観測展示装置	応用光研工業(株)	1台	H.8	スパークチェンバー グアラフイックパ 社 グアラフイックパ 社 グアラフイックパ 社及びびほく、ウツシタ
	2 ハイビジョンデータプロジェクター	コセキ(株)、UNIHI	1式	H.3	
	3 広報展示室「原子力情報コーナー」	棚乃村工業社、TH36HDI他	1式	H.3	
	4 展示用パ 社「安全対策」	棚乃村工業社	1式	H.3	
	5 展示用パ 社「原子力って何だろう」	棚乃村工業社	1式	H.3	
	6 放射線と放射能	棚乃村工業社	1式	H.3	
	7 ハイビジョンシステム	コセキ(株)、TH-HDI300CA	1式	H.3	
	8 ハイビジョンデータスクリーン	コセキ(株)、HLD-V500	1式	H.4	
	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	日本タイムシエア(株)	1式	H.5	
	11 環境放射線測定地点ジオラマ	棚博報堂、H750～900	1台	S.55	
	12 広報展示用トランスギヤリ-グアラフイックパ 社	棚乃村工業社	1式	H.3	
その他	1 無線機	三菱電機(株)	2台	H.6	風の時間、アニマルズ パ 社、パ 社、パ 社他
	2 車両搭載用等無線装置	三菱電機(株)	1式	S.57	
	3 小型乗用自動車	トヨタ、RAV4、1990cc	1台	H.12	
	4 中央監視室空調機	富士電気総設 FDCJ160A2	1台	H.13	
	5 自家用テレビカメラ発電装置	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3報)

石川陽一、面川和信、木立 博、伊藤節男、佐々木俊行¹、
檜崎幸範²、鈴木利孝³

東北地方を横断する配置で採取容器を設置して降下物を採取し、放射能を測定した。2004年3月に日本海に面した酒田市で黄砂が観測されたが、その時期の降下物中には顕著に高い値の¹³⁷Csが検出され、大陸起源エアロゾルの影響が明瞭にみられた。2002年春期に、同様の理由によって女川町で高い濃度の¹³⁷Csが大気浮遊じん中に検出されたが、その時期には宮城県内の複数地点でSPM(浮遊粒子状物質)濃度も高い値を示した。数日間隔の短期間降下物の測定の結果、黄砂が観測されていない地点においても¹³⁷Csが検出された。

I はじめに

宮城県では東北電力(株)の女川原子力発電所の運転に先立って1981年から環境放射能モニタリングを開始した。これまでに、1980年の第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¹³⁷Csなどが検出された¹⁾。その後成層圏からの寄与²⁾が無視できるくらいに少なくなったためと考えられるが、1997年春期以降の降下物には¹³⁷Csがほとんど検出されなくなった。しかし、前報^{1,3)}に記したように、2000年春期からわずかではあるが再び¹³⁷Cs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ため、その起源と発生メカニズムの解明のために調査を進めてきた。

本研究で2002年7月から行っている広域的な降下物調査において、地域的な傾向としては、宮城県や山形県内陸部よりも日本海に面した酒田市において¹³⁷Cs降下量が高い傾向がみられた³⁾。時期的には2003年3月と4月にはほかの時期と比べて¹³⁷Cs降下量が多かった。一方、宮城県と福岡県における2002年3月と4月の大気浮遊じんの測定の結果、黄砂飛来時には¹³⁷Cs濃度が通常よりも顕著に高い値を示した³⁾。これらの結果から、2000年以降の降下物中にしばしば¹³⁷Csが検出される主な原因として、大陸起源エアロゾル(以後、上原⁴⁾にならって「黄砂」という)との関連性が強く示唆された。

本報告では昨年引き続き行った広域的な降下物調査の結果や大気浮遊じんとSPM濃度との関係、及び女川町内で行った数日間隔の短期間降下物の調査結果について述べる。

1 現、宮城県保健環境センター大気環境部、2 福岡県保健環境研究所、3 山形大学理学部

II 方法

2002年7月から、東北地方を東西に横断する配置で宮城県では女川町と仙台市、及び山形県では山形市と酒田市の計4地点にタンクを設置し、降水物（雨水・ちり）を採取した。採取容器の開口部面積を表2に示す（多くの場合、約0.35 m²前後）。表2には測定結果とともに採取期間を示すが、黄砂の影響の少ない時期（7～12月）と大きい時期（1～6月）に分けて採取した。黄砂影響の大き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。以後、この方法で採取した試料を「黄砂用降水物」という。

より短期間の¹³⁷Cs 降下量の変動を調べるため、2004年3月から宮城県（女川町内、宮城県原子力センター構内）で数日間隔で降水物を採取して放射能を測定した。採取容器にはプラスチック製のタライを4個ずつ使用した（合計の採取容器開口部面積は0.88 m²）。以後、この方法で採取した試料を「短期間降水物」という。

試料の処理方法は前報³⁾と同様で、降水物試料は網の目のサイズが0.59mmのふるいでゴミ等を除去してから蒸発濃縮し、最終的にはプラスチック容器に充填した。放射能測定はGe半導体検出器を用いてγ線スペクトロメトリーによって行った。

III 結果及び考察

1 降水物

表1は気象庁による日本全国の2004年における黄砂観測日と地点及び本研究における2004年の降水物採取期間を示したものである。降水物採取容器を設置した地点で黄砂が観測された場合、年月日と地点及び採取期間を○印で示した。酒田では3月11日に黄砂が観測されたが、その日を含む3月9日～4月13日にかけて降水物を採取した。仙台市では4月22日に黄砂が観測されたが、その日を含む4月14日～5月14日にかけて降水物を採取した。そのほかの時期及び地点では明瞭には黄砂が観測されなかった。黄砂は気象庁による目視観測であるため夜間や雨天・曇天時等にはたとえ飛来しても観測はされない。また、ある地域で黄砂が観測されれば近隣地域にも影響があると考えられる。そのため、表1では東北・北海道のいずれかの地点で黄砂が観測された場合、その地点名をゴシック文字で示した。

表2は2003年7月以降の宮城県と山形県における降水物の採取期間等の各種データ及び放射能測定結果を示す。これ以前の結果については前報³⁾を参照されたい。この表では、¹³⁷Csについては採取期間の単位面積（1 m²）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日当たりに換算した降下量も示した。降水量については、仙台、山形並びに酒田では気象台のデータを、また女川ではモニタリング・ステーション（女川局）における値を示した。

図1は表2の結果のうちの30日間当たりの¹³⁷Cs 降下量を地点間で比較したもので、図の右側に採取地点も合わせて示した。図にはこの測定を開始した2002年7月から2004年7月までの2年間の全データを示した。地点間で比較すると酒田では他の地点よりも常に値が高めの傾向があり、また時期的には3月から4月にかけてはどの地点でも高めの傾向を示した。酒田で黄砂が観測された2004年3月11日を含む期間には、全データ中の最大値約120 mBq/m²/30日が観測された。このような地域差が生じる理由は、北西季節風とともに大陸から運ばれてきた¹³⁷Csを含むエアロゾルは日本海側地域で多く地表に落下し、輸送の途中で奥羽山脈にさえぎられるために太平洋側地域へはあまり到達しな

かったためと考えられる。

仙台で黄砂が観測された2004年4月22日を含む期間には他の地点(女川、仙台、山形)でもかなり高めの値を示したが(約50~60 mBq/m²/30日)、前述の3月11日の場合とは異なって特に仙台で高いという傾向はみられなかった。この理由としては、気流の流れの違いや降水量の違いなどが考えられる。また、黄砂の影響がほとんどないと考えられる7月から12月にかけてはどの地点でも約5~10 mBq/m²/30日程度の値であり、明瞭な地域差は認められなかった。

表1 気象庁による2004年の黄砂観測日と地点*及び本研究における降下物採取期間

黄砂が観測された日及び地点**		2004年の黄砂用降下物の採取期間(月/日)
2004/2/26	室戸岬、清水、徳島、和歌山、大阪、名瀬、高松、沖永良部、尾鷲、屋久島、種子島、奈良、彦根、那覇	女川町 1/15-3/11 仙台市 1/15-3/11
2004/3/11	西郷、巖原、函館、江差、松江、米子、深浦、寿都、青森、浜田、下関、鳥取、秋田、俱知安、山口、相川、輪島、室蘭、留萌、浦河、苫小牧、八戸、 <u>酒田</u> 、豊岡、札幌、盛岡、岩見沢、福江、佐賀、小名浜、福井、長崎、金沢、敦賀、広島、雄武、紋別、稚内、釧路、帯広、根室、旭川、宮古、北見枝幸、富山、岡山	山形市 1/14-3/10 酒田市 1/13-3/9 女川町 3/11-4/14 仙台市 3/11-4/14
2004/3/12	大阪、京都、高松、舞鶴、旭川、松山、徳島、山口、長野、大分、神戸、彦根、福岡、名古屋、奈良、岐阜、和歌山、盛岡、江差、室蘭、苫小牧、釧路、福江、浦河	山形市 3/10-4/14 <u>酒田市 3/9 -4/13</u>
2004/3/13	津、御前崎	
2004/3/14	西郷、松江、浜田、米子、福岡、山口、下関、鳥取、豊岡、松山、広島、巖原	
2004/3/15	舞鶴、大分、巖原、長崎、佐賀、山口、福岡、福江、宇和島、清水、高知	
2004/3/16	佐賀	
2004/3/31	清水、那覇、高松、山口、徳島、広島、浜田、室戸岬、和歌山、宇和島、金沢、輪島、富山、松山、岐阜、彦根、津、敦賀、久米島、福井、舞鶴、松江、大阪、豊岡、米子、名古屋、神戸、潮岬、名瀬、鳥取、奈良、京都、高田	
2004/4/2	巖原、長崎、鹿児島	
2004/4/3	福江、大分、宇和島、松山、山口、長崎、清水、佐賀、室戸岬、福岡、徳島、高知、熊本、浜田、福江、下関、名瀬、潮岬、宮崎、高松、広島、和歌山、奈良、種子島、大阪、京都、松江、米子、鳥取、彦根、尾鷲、津	
2004/4/4	那覇、久米島	
2004/4/16	江差、函館、俱知安	
2004/4/17	大分、宮古、浜田、西郷、豊岡、米子、金沢、松江、舞鶴、大阪、和歌山、鳥取、奈良、京都、尾鷲、津、岐阜、高山、岡山、名古屋、浜松、敦賀、福井、宇和島、清水、松山、室戸岬、広島、御前崎、高知、潮岬、神戸	
2004/4/18	高松、彦根	
2004/4/19	根室、釧路	
2004/4/20	名瀬	
2004/4/21	大分、宇和島、室戸岬、高知、久米島、徳島、福岡、長崎、広島、鹿児島、熊本、佐賀、下関、浜田、松江、松山、高松、山口、米子、鳥取、岡山、彦根、西郷、宮崎、京都、奈良、和歌山、潮岬	
2004/4/22	山口、富山、豊岡、輪島、福江、浜松、大阪、尾鷲、沖永良部、津、飯田、岐阜、名古屋、長野、鹿児島、松本、宮崎、高山、金沢、岡山、舞鶴、巖原、甲府、神戸、盛岡、 <u>仙台</u>	女川町 4/14 -5/14 <u>仙台市 4/14-5/14</u> 山形市 4/14-5/14 酒田市 4/13 -5/13
2004/4/23	巖原、福岡、室戸岬	
2004/5/7	西郷、浜田、米子、福江、広島、豊岡、巖原、鳥取、佐賀、宇和島、下関、敦賀、岐阜、高山、神戸、長野、潮岬、清水、彦根、岡山、舞鶴、松山、大阪、奈良、和歌山	女川町 5/14 - 7/7 仙台市 5/14 - 7/7
2004/5/8	秋田、金沢、高松	山形市 5/14 - 7/9
2004/5/11	米子、宇和島、大分、下関	酒田市 5/13 - 7/8

* (株) ウェザーマップHP 「気象人」

<http://www.weathermap.co.jp/kishojin/>の情報による。

** ゴシックは東北・北海道地域を、またイタリック文字は本研究における降下物採取地点を示す。

表2 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

		2003年7-12月	2004年1-2月	2004年3月	2004年4月	2004年5-6月
採取期間 (日数)	1 女川町(宮城県)	03/7/4-04/1/15 (195日)	04/1/15-04/3/11 (56日)	04/3/11-04/4/14 (34日)	04/4/14-04/5/14 (30日)	04/5/14-04/7/7 (54日)
	2 仙台市(宮城県)	03/7/4-04/1/15 (195日)	04/1/15-04/3/11 (56日)	04/3/11-04/4/14 (34日)	04/4/14-04/5/14 (30日)	04/5/14-04/7/7 (54日)
	3 山形市(山形県)	03/7/4-04/1/14 (194日)	04/1/14-04/3/10 (56日)	04/3/10-04/4/14 (35日)	04/4/14-04/5/14 (30日)	04/5/14-04/7/9 (56日)
	4 酒田市(山形県)	03/7/3-04/1/13 (194日)	04/1/13-04/3/9 (56日)	04/3/9-04/4/13 (35日)	04/4/13-04/5/13 (30日)	04/5/13-04/7/8 (56日)
採取容器の 開口部面積 (m ²)	1 女川町(宮城県)	0.538	0.538	0.538	0.538	0.538
	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	0.239	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 ¹³⁷ Cs降下量 (Bq/m ²)	1 女川町(宮城県)	0.046 ± 0.006 *	0.0467 ± 0.0074	0.0369 ± 0.0024	0.0565 ± 0.0032	0.0194 ± 0.0023
	2 仙台市(宮城県)	0.046 ± 0.009	0.0247 ± 0.0046	0.0325 ± 0.0038	0.0495 ± 0.0054	ND (<0.019) **
	3 山形市(山形県)	0.0316 ± 0.0039	0.0422 ± 0.0049	0.0269 ± 0.0046	0.0470 ± 0.0049	0.0369 ± 0.0042
	4 酒田市(山形県)	0.066 ± 0.009	0.0710 ± 0.0109	0.137 ± 0.009	0.0595 ± 0.0099	0.0278 ± 0.0033
30日間当たり ¹³⁷ Cs降下量 (mBq/m ²)	1 女川町(宮城県)	7.1 ± 0.9	25.0 ± 4.0	32.6 ± 2.1	56.5 ± 3.2	10.8 ± 1.3
	2 仙台市(宮城県)	7.1 ± 1.4	13.2 ± 2.5	28.7 ± 3.4	49.5 ± 5.4	ND (<10.5)
	3 山形市(山形県)	4.9 ± 0.6	22.6 ± 2.6	23.1 ± 3.9	47.0 ± 4.9	19.8 ± 2.3
	4 酒田市(山形県)	10.2 ± 1.4	38.0 ± 5.8	117 ± 8	59.5 ± 9.9	14.9 ± 1.8
期間当たり ²¹⁰ Pb降下量 (Bq/m ²)	1 女川町(宮城県)	97 ± 2	33 ± 2	19.2 ± 0.6	29.1 ± 0.1	30.7 ± 0.1
	2 仙台市(宮城県)	177.1 ± 0.8	27.3 ± 0.4	18.1 ± 0.8	20 ± 1	23.7 ± 0.2
	3 山形市(山形県)	138.9 ± 0.5	51 ± 0.3	16 ± 1	21.3 ± 0.1	34.1 ± 0.1
	4 酒田市(山形県)	250 ± 4	120.2 ± 0.3	39.7 ± 0.2	34.2 ± 0.2	33.3 ± 0.1
期間当たり ⁴⁰ K降下量 (Bq/m ²)	1 女川町(宮城県)	8.2 ± 0.1	10.6 ± 0.3	3.4 ± 0.08	6 ± 0.1	2.81 ± 0.07
	2 仙台市(宮城県)	62.4 ± 0.7	2.9 ± 0.3	1.3 ± 0.1	14.4 ± 0.2	2.5 ± 0.2
	3 山形市(山形県)	2.9 ± 0.2	1.9 ± 0.2	1.1 ± 0.1	1.9 ± 0.2	1.2 ± 0.2
	4 酒田市(山形県)	16.8 ± 0.2	10.4 ± 0.2	4.1 ± 0.1	2.5 ± 0.2	4 ± 0.1
期間当たり 降水量 (mm)	1 女川町(宮城県)	1247.5	97.5	44	117	283.5
	2 仙台市(宮城県)	839.5	64	24.5	117.5	247
	3 山形市(山形県)	741.5	139.5	32	103	250.5
	4 酒田市(山形県)	657	240	96	209	340
期間当たり 蒸発残量 (g/m ²)	1 女川町(宮城県)	19.4	25.9	9.4	10.8	5.5
	2 仙台市(宮城県)	25.3	8.1	5.0	11.7	5.4
	3 山形市(山形県)	10.4	4.2	3.6	4.5	4.6
	4 酒田市(山形県)	53.1	30.2	10.8	7.0	10.1

* 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。

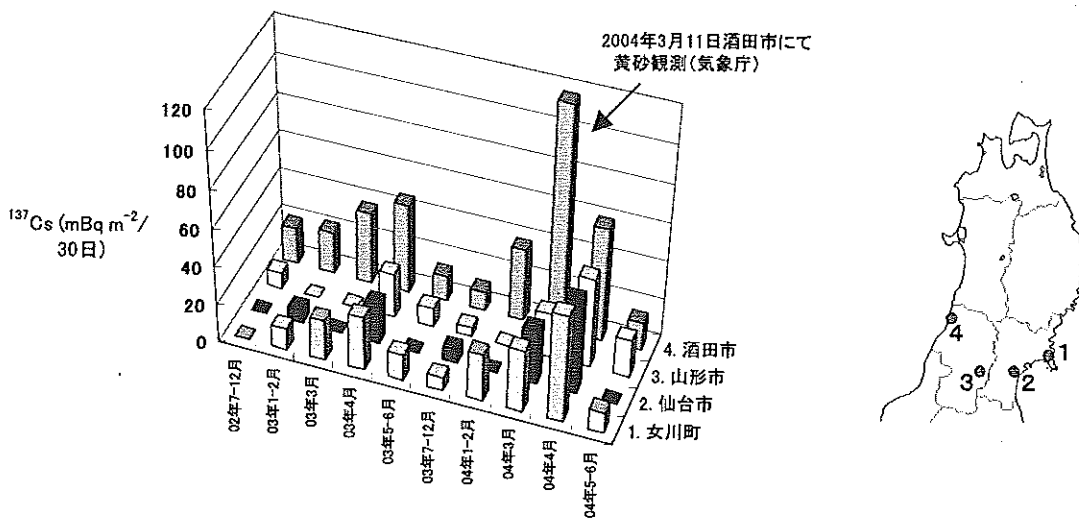


図1 2002年7月以降の宮城県と山形県における¹³⁷Cs降下量の比較

表3 2004年3月から7月の女川町における黄砂用降下物と短期間降下物による¹³⁷Cs降下量比較

黄砂用降下物		短期間降下物		
採取期間	¹³⁷ Cs降下量 (Bq/m ²)	採取期間 (年/月/日 (時分))	降水量 (mm)	¹³⁷ Cs降下量 (Bq/m ²)
2004/3/11-4/14 (約1ヶ月間)	0.037±0.002	a) 2004/3/11(21:20) - 3/12 (18:00)	0.0	ND (<0.0092)**
		b) 2004/3/12(18:30) -3/15 (18:30)	0.0	ND (<0.0091)
		c) 2004/3/15 (18:30) -3/19 (19:30)	3.0	ND (<0.0097)
		d) 2004/3/19 (20:30) -3/26 (20:30)	0.0	ND (<0.0091)
		e) 2004/3/26(20:30) -3/31 (18:00)	7.0	0.0083±0.0013***
		f) 2004/3/31 (18:00) -4/9 (13:00)	34.0	0.011±0.002
		g) 2004/4/9 (13:00) -4/12 (18:30)	0.0	ND (<0.0093)
		h) 2004/4/12 (18:30) -4/16 (17:00)	0.0	ND (<0.0099)
2004/4/14-5/14 (約1ヶ月間)	0.057±0.003	i) 2004/4/16(17:00) -4/20 (16:15)	7.0	0.011±0.001
		j) 2004/4/20 (16:15) -4/23 (18:20)	1.5	0.013±0.003
		k) 2004/4/23 (18:20) -4/28 (20:00)	80.5	0.014±0.002
		l) 2004/4/28 (20:00) -5/6 (17:50)	3.0	0.011±0.002
		m) 2004/5/6 (17:50) -5/18 (14:30)	29.5	0.010±0.001
		n) 200/5/18 (14:30) -5/26 (15:30)	121.0	ND (<0.0096)
		o) 2004/6/4 (14:00) -6/14 (14:00) ****	65.0	ND (<0.017)
2004/5/14-7/7 (約2ヶ月間)	0.019±0.002	p) 2004/6/14 (14:00) -6/25 (10:50)	16.0	ND (<0.0099)
		q) 2004/6/25(10:50) -7/5 (14:00)	33.5	ND (<0.010)
		r) 2004/7/5 (14:30) -7/16 (16:00)	74.5	ND (<0.0083)

* 降水量は女川モニタリングステーションにおける観測値。

** NDは未検出を、またカッコン内は検出下限値を示す。

*** 誤差：計数誤差 (1σ)

**** 2004/5/26~6/4分の試料は未測定。

表3は2004年3月から7月に女川で採取した黄砂用降下物と短期間降下物における ^{137}Cs 降下量を比較したものである。表の右側の欄に示した短期間降下物では、3月26日～4月9日にかけて、及び4月16日～5月18日にかけて採取した試料に ^{137}Cs が検出されており、これらの期間の合計は各々 0.019 ± 0.002 及び 0.059 ± 0.004 であった。一方、表の左側の欄に示した黄砂用降下物では、これらを含むかあるいは近い期間の3月11日～4月14日及び4月14日～5月14日の各々約1ヶ月間には、それぞれ 0.037 ± 0.002 及び 0.057 ± 0.003 であった。測定誤差を考慮すれば、同じ時期では黄砂用降下物と短期間降下物中の ^{137}Cs の量は大体一致するといえる。これらの時期には宮城県内では黄砂は観測されていないものの、他の地域では広域的に頻繁に黄砂が観測されており、4月16日と19日には北海道南部、4月17日には岩手県の宮古でも観測されている(表1)。よって、直接黄砂観測の記録はなくとも大陸起源のエアロゾルが直接、または降水によって間接的に地表に落下し、一緒に運ばれてきた ^{137}Cs が検出されたものと考えられる。表3によると ^{137}Cs が検出された期間には必ず降水も観測されていることから、どちらかという降水によるウォッシュアウトの寄与が大きいと思われる。

2 大気浮遊じん

図2は、2002年春期に黄砂が飛来した時の宮城県における大気浮遊じん中 ^{137}Cs 濃度と県内3カ所の代表的地点におけるSPM濃度の経時変動を比較したものである(SPMデータは宮城県保健環境センターによる)。 ^{137}Cs の値としては前報³⁾に示した女川町における測定値を用いた。図ではプロットの都合上、 ^{137}Cs の値(3～7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)を20倍してある。2002年には3月18日と22日、及び4月10日と11日に顕著な黄砂が観測されたが、それらの時期にSPM濃度は複数の地点でほぼ同期して上昇した。図に示したように女川で観測した大気中 ^{137}Cs 濃度もほぼ同時期に上昇した。SPM濃度は、近隣地域のみでなく黄砂などの遠方由来の風送塵によっても強く影響されることが知られており⁵⁾、大陸起源エアロゾルの影響把握に有効な指標であることが改めて確認された。

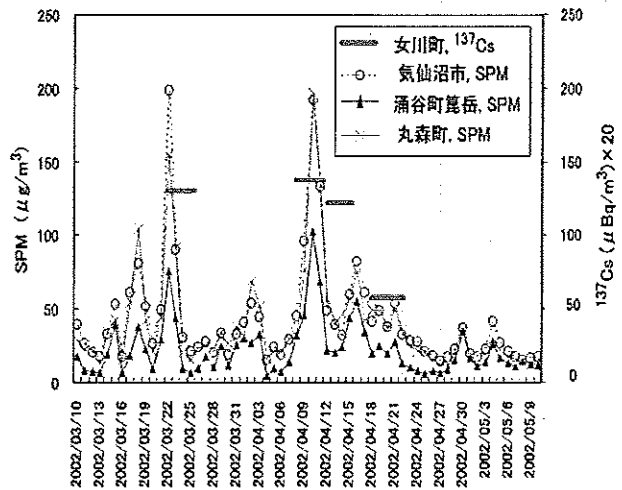


図2 2002年春期の黄砂飛来時の宮城県における大気浮遊じん中 ^{137}Cs 濃度と浮遊粒子状物質(SPM)濃度の経時変動の比較
(注) SPMデータは宮城県保健環境センター大気環境部テレメータ室ホームページ <http://www.ihe.pref.miyagi.jp/telem/> による。

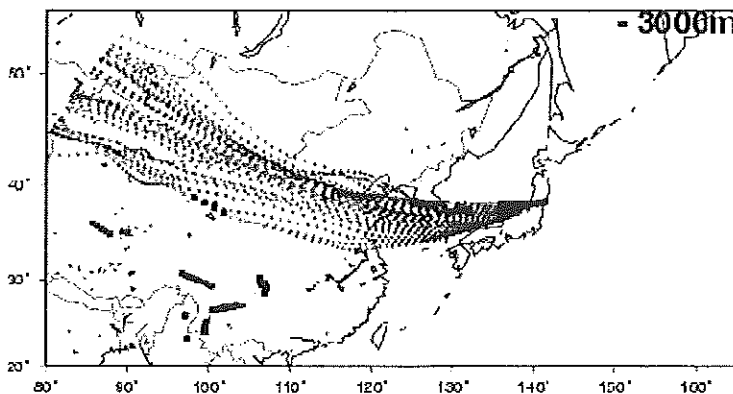


図3 2002年3月11日12時(JST)の女川町を起点とした流跡線解析結果
出発点高さ: 3000m以下

図3は2002年3月22日の黄砂観測時の流跡線解析の結果の例を示す。これは(株)CRCソリューションズに委託して実施したものである。出発点は女川町内の県原子力センターとし、2002年3月22日12:00を起点として3月16日12:00までの6日前までの空気塊の流跡を示したものである。図にみられるとおり、黄砂をもたらした空気は中国大陸の内陸部から供給されている様子が認められる。

IV まとめ

昨年に引き続いて広域的な降下物調査を行うとともに、大気浮遊じん中の ^{137}Cs 濃度と浮遊粒子状物質濃度との関連性を検討し、また数日間隔の短期間降下物の調査を行って、以下の結果を得た。

- (1) 日本海に面した酒田市では黄砂が観測された2004年3月に、降下物中に顕著に高い値の ^{137}Cs が検出され、大陸起源エアロゾルの影響が明瞭にみられた。
- (2) 2002年春期に女川町で大気浮遊じん中の ^{137}Cs 濃度が高い値を示した時期には宮城県内の複数地点でSPM濃度も高い値を示した。
- (3) 数日間隔の短期間降下物の測定の結果、黄砂が観測されていない地点においても、主に降水によってもたらされたとみられる ^{137}Cs が検出された。

黄砂に伴う ^{137}Cs の起源と発生メカニズムに関しては、恐らく中国大陸、特に内モンゴル地区などにおいて近年進行しつつある砂漠化現象などに関連があると考えられる^{6),7)}。地表土壌に蓄積していた過去の核実験起因の ^{137}Cs が植生の変化によって露出・飛散しやすくなり⁷⁾、砂塵嵐に伴ってエアロゾル化して大気上層に移行し、黄砂粒子とともに遠方に運ばれるものと推定される。最近、その観点からの報告も幾つかなされており、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比を指標にするなどの方法で研究が進められているので^{7),8)-10)}、今後の進展が期待される。

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) 石川陽一 ほか、宮城県原子力センター年報、第20巻、p.5-9 (2002)。
- 4) 上原浩之、気象、45・5、17202-17203 (2001)。
- 5) 森 育子、ほか、環境化学、6、567-573 (1996)。
- 6) 岩崎博之、ほか、日本気象学会2004年度春季大会講演予稿集、p.397、東京都(2004年5月)。
- 7) 藤原英司、ほか、第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会要旨集、p.107、東京都(2004年7月)。
- 8) Y. Igarashi, et al., Applied Radiation and Isotopes, 50, 1063-1073 (1999)。
- 9) Y. Igarashi, et al., J. Radiat. Res., 44, 319-328 (2003)。
- 10) 五十嵐康人, Isotope News, 2004年5月号, p.2-8 (2004)。

放射性物質の広域的拡散に関する基礎解析(第2報)

木立博、石川陽一、佐々木俊行¹

昨年度に引き続き、降水時のガンマ線線量率上昇に影響を与える²²²Rnの発生源を推定するためにバックトラジェクトリ解析を行った。昨年度に比べ気象シミュレーションに用いる気象データはより細密にし、バックトラジェクトリ解析において鉛直方向の粒子の移動も評価し、より精度の高い²²²Rn発生源の推定を行った。

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、降水等の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。これは大気中を浮遊する天然放射性核種である²²²Rn娘核種(²¹⁴Pbや²¹⁴Bi)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¹⁾。雨滴中の²¹⁴Pbや²¹⁴Biの親核種である²²²Rn(半減期約3.8日)は、地中に存在する²²⁶Ra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。

降水時における空間ガンマ線線量率の上昇の程度は降水の度毎に異なっており、必ずしも降水量に比例するわけではない。雨水中に含まれる²²²Rn娘核種濃度が高ければガンマ線線量率の値も高くなることが示されており²⁾、雨水中の²²²Rn娘核種濃度は降水をもたらす大気塊が含有する²²²Rnとその娘核種の量の違いが大きな影響を与えていると考えられる。²²²Rnの発生量は海上では少なく、地上では多いため、大陸性気団の影響により大気塊が測定地点に到達し降水をもたらした場合にはガンマ線線量率の上昇が高く、海洋性気団の影響により大気塊が運ばれた場合にはガンマ線線量率の上昇が低いと考えられる^{3, 4)}。

2002年度に行った解析ではこのことを確認するために、降水の多少とガンマ線線量率上昇の程度の違いにより事例分類を行い、特徴的な事例について、降水をもたらした大気塊の移動経路を推定するためにバックトラジェクトリ解析を行った。その結果、少ない降水量でガンマ線線量率上昇が大きかった事例(高線量率上昇型)では大陸性気団の影響により中国大陸や朝鮮半島起源の²²²Rnがもたらされること、降水量が多い割にはガンマ線線量率がそれほど上昇しなかった事例(低線量率上昇型)では海洋性気団の影響があるという結果が得られた。また、長時間降水が継続した事例(長時間降水型)や高線量率上昇型と同様に²²²Rnが中国大陸や朝鮮半島起源と考えられる事例のほか流跡線が日本の陸上を縦断し日本国内が発生源であると考えられる興味深い事例もあった⁵⁾。

しかしながら、2002年度に行ったバックトラジェクトリ解析では、用いた気象データは水平1.25度メッシュ(130km)と粗いことや、放出粒子の鉛直流の移動を評価しなかったことなど、大気場の再現が十分でないこと、流跡線上のどの地域が²²²Rnの発生源であるか特定できないことなど課題もあった。本研究ではこれらの課題を改善して詳細な解析を行った。

1 現、宮城県保健環境センター大気環境部

II 方法

1 自動測定局における空間ガンマ線線量率の測定

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 1.4 l）、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）により測定した。空間ガンマ線線量率上昇の程度の指標として、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）²⁾ を求めた。

2 バックトラジェクトリ解析対象事例の選別

本研究ではバックトラジェクトリ解析を行う対象として、以下に示す二つの事例を選んだ。

(1) 高線量率上昇型の事例

2002 年度の女川局における測定データを評価し、降水量の少ない事例の中から降水増分及び特に降水増加率が高い事例について地上天気図を用いて気象状況を解析し、大陸性気団の影響によりガンマ線線量率が上昇したと考えられる事例として、11 月 13 日の事例をバックトラジェクトリ解析対象に選んだ。

(2) 長期間降水型の事例

1999 年 9 月 14 日から 9 月 15 日の事例を解析対象とした。これは昨年度の研究でも解析した事例であるが⁷⁾、日本国内で発生した ^{222}Rn が女川における線量率上昇の原因と考えられた事例である。

3 数値気象シミュレーション

図 1 に気象シミュレーション及びバックトラジェクトリ解析の概要図を示す。バックトラジェクトリ解析を行うためには、まず気象シミュレーションによって必要な気象データを作成する必要がある。本業務では、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

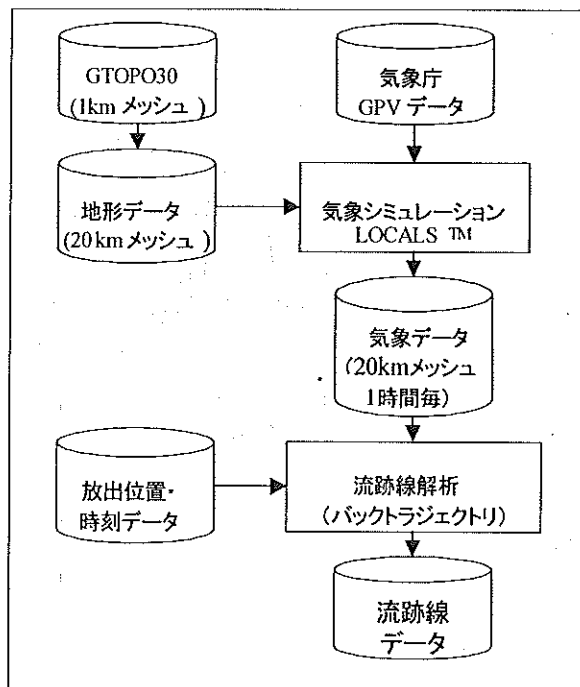


図 1 気象シミュレーション及びバックトラジェクトリの概要図

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 20km メッシュで気象現象を考慮した気流及び気温データ等の作成を行った。表 1 に LOCALS™ の概要を示す。

表 1 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

本業務における数値気象シミュレーションは、表 2 の設定により、図 2 に示す解析対象領域において行った。また、気象シミュレーションに用いた入力データを表 3 に、気象庁 GSM-GPV の概要を表 4 に示す。

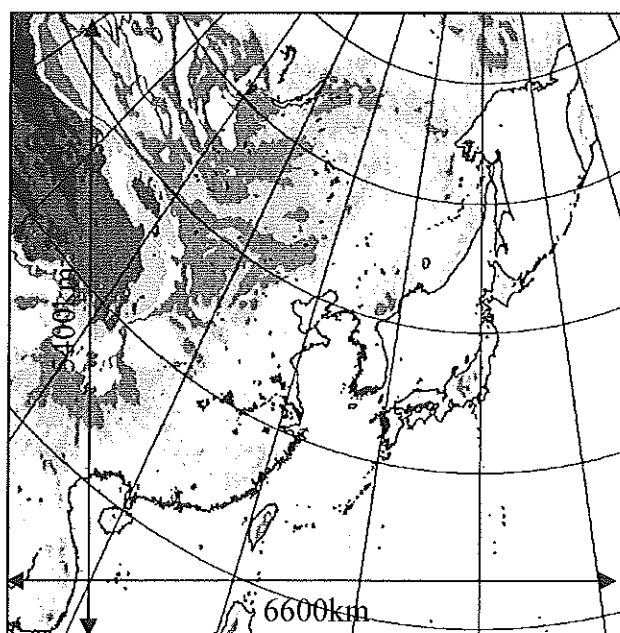


図 2 気象シミュレーションの対象領域

表 2 数値気象シミュレーションの設定

項目	設定
計算領域	東西方向：6600km 南北方向：5400km 鉛直方向：0m～11400m
メッシュ間隔	水平方向：20km 鉛直方向：20m～1000m(不等間隔)
メッシュ数	東西方向：330 南北方向：270 鉛直方向：21
タイムステップ	60 秒
計算時間	15 時間(12 時間毎の最新の GPV データを用い、計算開始 3～15 時間のデータを用いた。)

表 3 気象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	GTOPO30	水平方向 30 秒(約 1km)間隔のグリッドでモデル化された地形データであり、USGS(U.S. Geography Survey)、EDC(EROS Data Center)などで作成されたもの。
気象データ	気 象 庁 GSM-GPV	気象庁が作成する全球の格子状データであり、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(表 4 参照)。

表 4 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)	
予報時間	00UTC 初期値：84 時間(6 時間間隔) 12UTC 初期値：96 時間(6 時間間隔)	
領域	全球	
格子系	等緯度経度(1.25 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、粒子の移動経路上での積算降水量
	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

4 バックトラジェクトリ解析

バックトラジェクトリ解析には、昨年度と同様の以下の方程式を用いた。

$$x_{t-1} = x_t - u\Delta t$$

$$y_{t-1} = y_t - v\Delta t$$

$$z_{t-1} = z_t - w\Delta t$$

ここで、 x, y, z : 粒子の位置[m]、 Δt : タイムステップ[s]、 u, v : 水平風速ベクトル[m/s]、 w : 鉛直風速ベクトル[m/s]である。昨年度の研究においては入力データの制限により、鉛直風速を0[m/s]として、放出粒子は上下方向には移動しないと仮定をして評価を行っていたが、本研究では、気象シミュレーションにより算出した鉛直風速を用いることで、より現実に近い状況での評価を行った。

また、 ^{222}Rn の発生起源を推定する上で、以下の仮定を導入する。服部らの報告⁶⁾に基づき、地表面から大気中へと供給される ^{222}Rn は混合層内で十分に混合されているとする。これは、混合層高度が 1000m の場合には、地上 10m の ^{222}Rn 濃度と地上 1000m の ^{222}Rn 濃度が同じであると仮定することと同義である。

一般に混合層(mixing layer)とは、大気境界層のなかで、熱的原因などによって生じる対流によってよく攪拌される最下層部のことであるが、本研究では、地表面粗度、地形の凹凸による摩擦などにより形成される境界層を含む広義の大気境界層を指すものとする。混合層の高度は地上～数百 m におよび、地表面が加熱される日中に厚く、冷却され逆転層が形成される夜間に薄い。一般に混合層内では、水蒸気量なども高さ方向に一樣に分布しており、上記の仮定は妥当であるといえる。混合層の厚さを把握する上で、温位(Potential temperature)を導入する。温位は、大気中の温度 T 、気圧 p の気塊を乾燥断熱的に 1000hPa 面まで移動させた場合に、気塊のとる温度と定義され、以下の式で表される。

$$\theta = T \left(\frac{1000}{p} \right)^{R/C_p}$$

θ : 温位[K]、 T : 気温[K]、 p : 気圧[hPa]、 R : 気体定数[m²/s²K]、 C_p : 定圧比熱[m²/s²K]

温位が混合層内で鉛直方向に一定であることは、気象学の分野では一般的な仮定である。浮遊する粒子位置の温位と、同位置の高度 10m における温位との差が一定値以下である場合に、粒子は混合層内に位置し、粒子に対して ^{222}Rn の供給があると判定する。

^{222}Rn のバックグラウンド濃度に関しては、今回の解析領域における地域毎の評価は困難であるが、飯田によると中国大陸におけるバックグラウンド濃度は国内よりやや高く、地域によっては季節変動も大きい値を示した⁷⁾。 ^{210}Pb の大気中濃度は冬季に高く夏期に低いという季節変動を示している⁸⁾。そこで、本解析では日本国内におけるバックグラウンド濃度は一樣、その他大陸上に関しては、4月～9月までは日本国内と同じ(1倍)、それ以外の時期は日本国内の2倍と仮定した。昨年度の解析では ^{222}Rn 発生源は流跡線上の全ての地域と推測していたが、以上のような仮定によって解析することにより、特定の地域に限定して推測することが可能と考えられる。

本研究では、表5に示す設定条件及び表6に示す入力データにより解析を行った。粒子の放出地点は宮城県牡鹿郡女川町とした。

表5 バックトラジェクトリ解析の設定条件

項目	設定条件	内容
格子間隔(水平)	20km	数値気象シミュレーションにより作成した風データを用いるため、気象シミュレーションと同じ格子間隔とする。
格子間隔(鉛直)	20~1000m(不等間隔)	
放出高度	200m~10000m までの間について 100m 間隔の任意の高度	気象シミュレーションにより再現された気流を用いるため、粒子が上下方向にも移動する。
タイムステップ	60 秒	<p>一般に数値予測計算のタイムステップは,Courant (クーラン)条件により規定される。</p> $\Delta t \leq \frac{\text{メッシュ間隔}}{\text{流速}}$ <p>流跡線解析では、メッシュ間隔 20km、最大流速:約 100m/s である。よって Δt の最大値は約 3.5 分であり十分に適当なタイムステップである。</p>
対象領域	図 2 参照	日本列島全体、及びラドン娘核種の起源だと推測されている中国大陸、ロシア、及び太平洋北西部を含む領域とする。

表6 バックトラジェクトリ解析における入力データ

項目	名称	内容
地形データ	GTOPO30	水平方向 30 秒(約 1km)間隔のグリッドでモデル化された地形データであり、USGS(U.S. Geography Survey),EDC(EROS Data Center)などで作成されたもの。
気流データ	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により得られたもの。
放出時刻		対象事例毎に粒子放出時刻を設定し、その時刻に放出された粒子のトラジェクトリを作成した。放出時刻は線量率のピーク時、あるいは典型的な変動をしている時刻とした。

III 結果

1 2002 年 11 月 13 日の事例 (高線量率上昇型)

2002 年 11 月 13 日の日本周辺における地上天気図を図 3 に示す。この日は本州の東海上に低気圧が位置する弱い冬型の気圧配置となった。北海道上空に強い寒気が入り北日本の山間部で大雪となった。女川付近では弱い降水があり線量率が上昇している。11 月 11 日~12 日には全国的に黄砂が観測されており、大陸起源の気団が流入している可能性が高いと考えられた。

2002 年 11 月 3 日の女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動を図 4 に示す。降水時間は短く降水量も 1.5mm と少ない。ガンマ線線量率は最大値 20.4nGy/h を示した。降水増分は降水時間が短いため 35.1nGy と低い。降水増加率は 23.4nGy/mm と高い値を示していた。

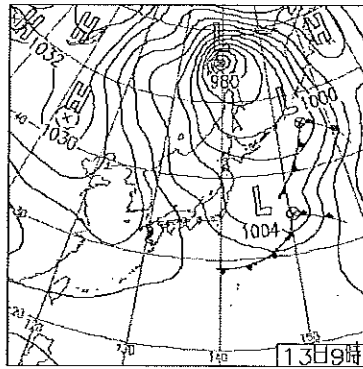


図3 2002年11月13日の地上天気図

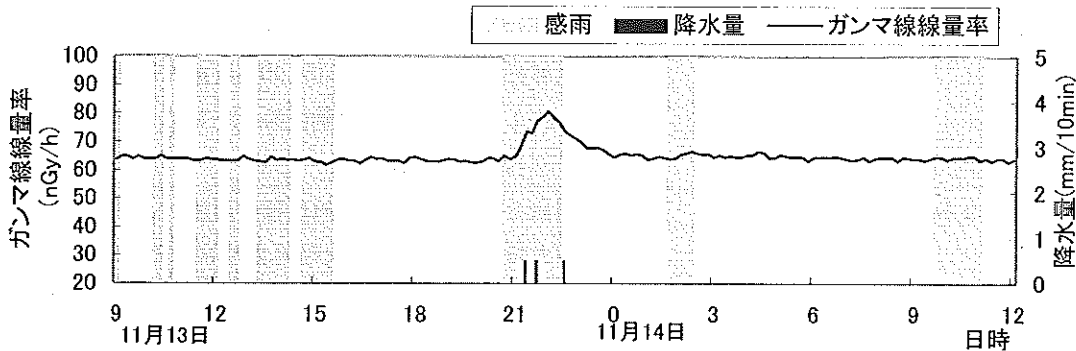


図4 女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動(2002年11月13~14日)

粒子の放出時刻をガンマ線線量率が最大となった11月13日22時としたバックトラジェクトリ解析結果を図5に示す。図は1つの放出時刻に対して3つの解析結果で構成され、上段は放出高度が6,000m以上の粒子のバックトラジェクトリ解析による流跡線、中段は放出高度が3,000m以上~6,000m未満の粒子の流跡線、下段は放出高度が3,000m未満の粒子の流跡線を表す。各粒子の色は1時間毎の粒子の高度を表しており、高度が低いほど寒色系、高度が高いほど暖色系で示している。また、下段の■印は粒子が陸地上に存在し、かつ混合層内に位置することを示しており、 ^{222}Rn が供給源すなわち発生源であると考えられる。放出高度による3区分のいずれの解析結果においても、粒子は朝鮮半島北部、中国東北部、モンゴルを通過し、シベリアに到達しているが、3,000m以上の高度で放出された粒子はほぼ同じ高度で移動し、混合層内には入っていない。一方、3,000m未満の放出高度において粒子は、国内の東北地方、朝鮮半島北部及びモンゴル北部において混合層内に入っており、これらの地域が ^{222}Rn の供給源であることが推測される。

図6に粒子の放出開始時点における放出高度別の相対湿度、降水量及び粒子に対する ^{222}Rn の相対供給量を示す。相対湿度は各粒子の放出高度における値であり、粒子が雲の中に存在するかどうか、つまりRainoutの対象となっているかを判断するための目安となる。降水量は粒子が移動する経路上での降水量の積算値を表す。 ^{222}Rn 供給量は気象シミュレーションにより作成した1時間毎の気象データにおいて、粒子が地上を移動する過程で混合層内に存在したデータの個数を表しており、粒子に対する相対的な ^{222}Rn 供給量を意味する。 ^{222}Rn 供給量は日本国内での供給と日本以外での供給に分けて示した。 ^{222}Rn の相対供給量は高度別にみると、地上から2,000mまでの高度で供給を受けているが、このうち約300m及び約1,000mの高度では日本以外での供給である。1,000~2,000mで相対湿度が高く、雲が存在していることが推測され、この高度以下

02111322

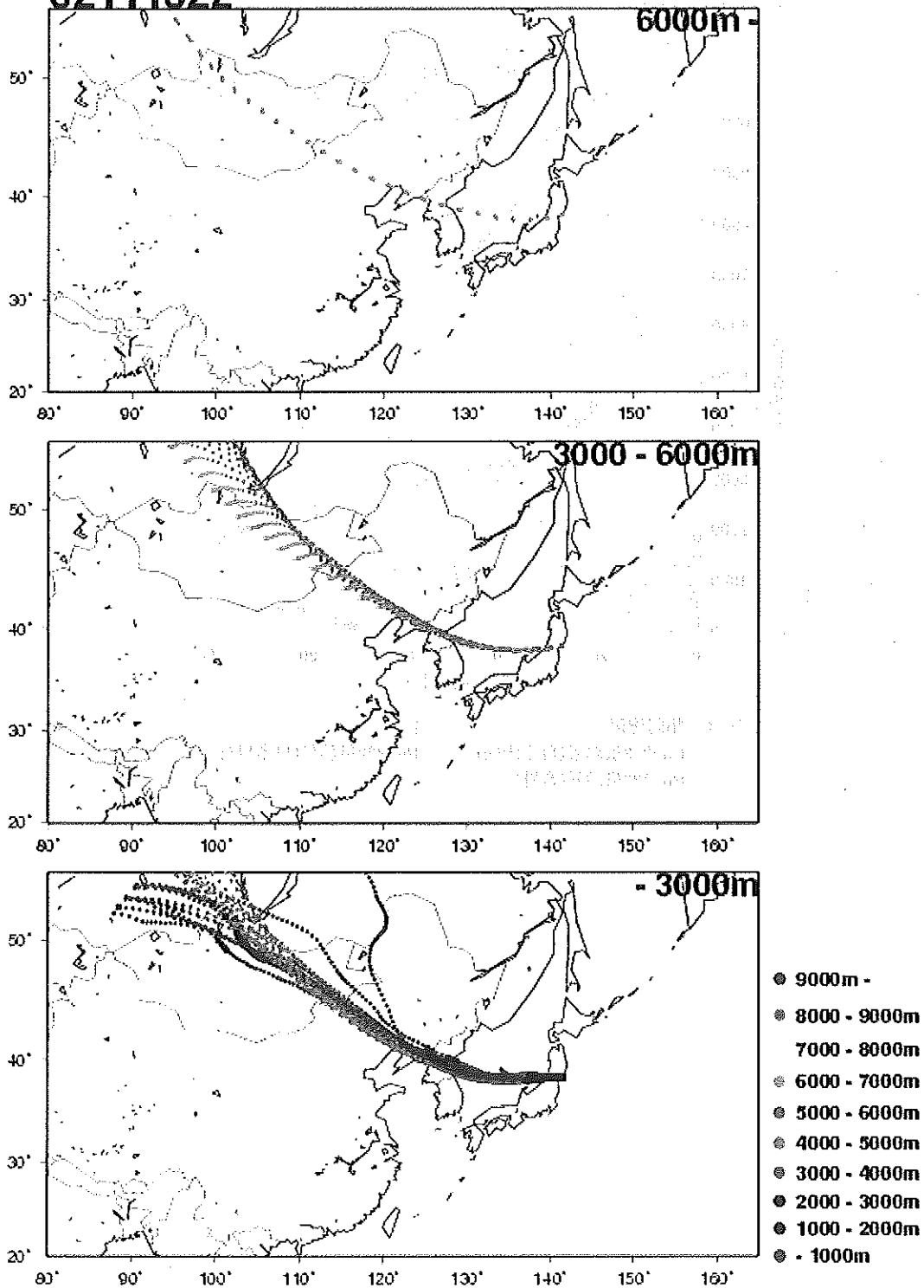


図5 放出時刻 2002年11月13日22時のバックラジェトリ解析結果(上段:高度6,000m以上から放出された粒子の流跡線、中段:高度3,000-6,000mから放出された粒子の流跡線、下段:高度3,000m未満から放出された粒子の流跡線、■:陸地上で混合層内に粒子が位置した地点)

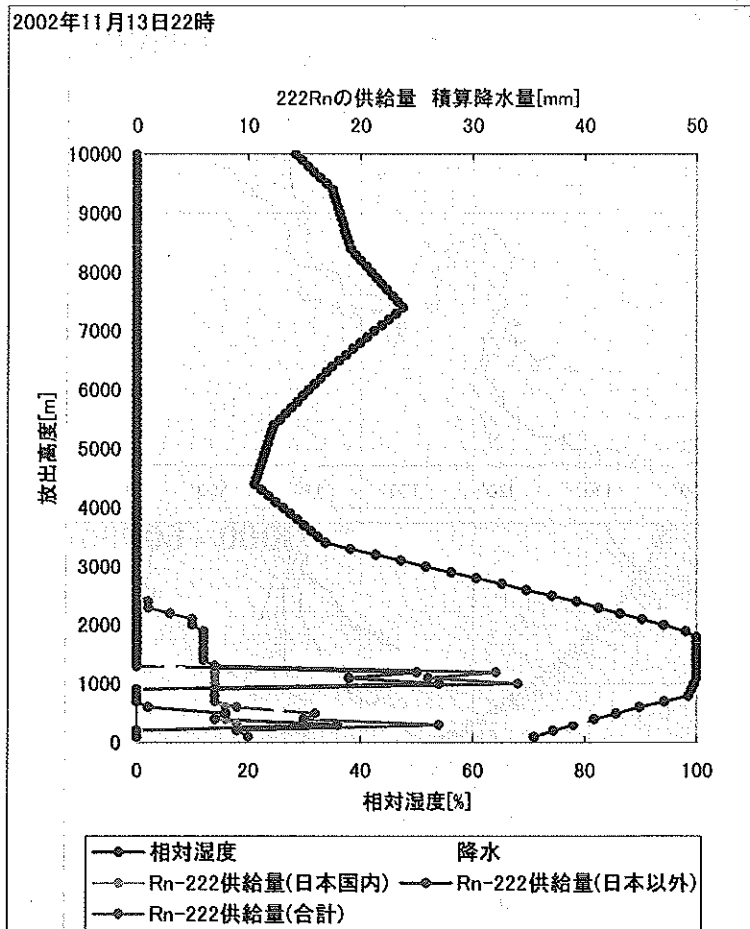


図6 粒子の放出高度における相対湿度、積算降水量及び²²²Rnの供給量(2002年11月13日)

の ^{222}Rn がガンマ線線量率上昇に関与したと考えられる。一方、高度約 1,000m 以下では粒子の移動経路上での降水があったことが推測されるため、女川に達する前に ^{222}Rn 娘核種が除去され、1,000m 以上の粒子に対して供給された ^{222}Rn が女川におけるガンマ線線量率の上昇に影響を与えたと考えられる。1,000~2,000m の高度では、日本国内より国外での ^{222}Rn 供給量が多く、ガンマ線線量率の上昇には日本以外、すなわち朝鮮半島北部及び中国大陸由来の ^{222}Rn がより強く寄与していたと考えられ、昨年度の高線量率上昇型の事例解析と同様の結果が得られた。しかし、日本国内での ^{222}Rn 供給量も国外の半分程度と多く、女川におけるガンマ線線量率上昇に相当寄与している可能性も考えられるため、今後ラドン濃度の設定についての検討や更に多くの事例について解析することが必要と考えられる。

2 1999年9月14日から15日の事例（長時間降水型）

図7及び図8に、1999年9月14日の地上天気図と女川局におけるガンマ線線量率、降水量の変動は宮城県原子力センター年報、第20巻から再度掲載する。図7の地上天気図によれば中国大陸、朝鮮半島及び日本の東北地方に停滞前線が存在しており、女川では長時間の降水が観測された。

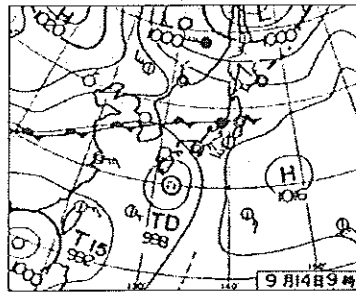


図7 1999年9月14日の地上天気図

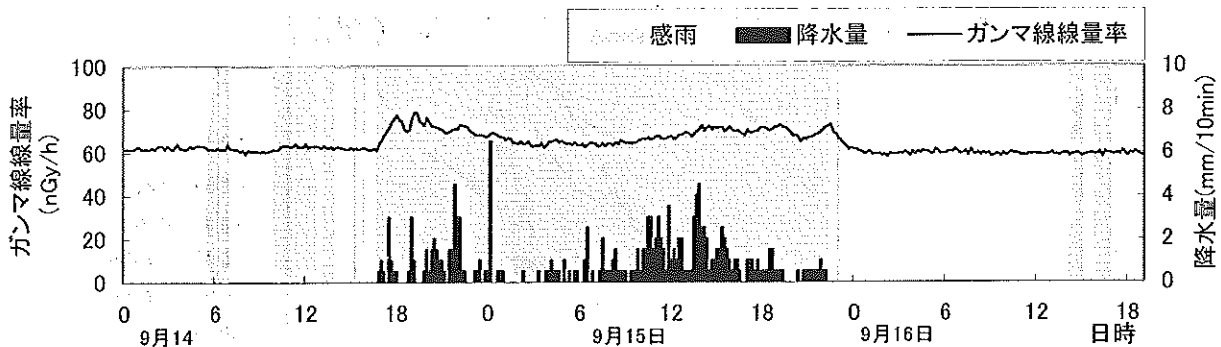


図8 女川局におけるガンマ線線量率及び降水量の変動(1999年9月14日~15日)

この事例では比較的長時間降水が継続した。9月14日の降水量は39.0mm、降水増分は38.6nGy、降水増加率は1.0nGy/mmであった。また、9月15日の降水量は115.0mm、降水増分は60.2nGy、降水増加率は0.5Gy/mmであり、9月14日から9月15日にかけての降水増加率は低い値であった。

図9-1に放出時刻9月14日18時におけるバックトラジェクトリ結果を示す。この解析結果では、6,000m以上で放出された粒子は3,000~6,000mに高度が変わっているものもあるが、概ね同程度の高度で移動しており、混合層内に入るものがなく粒子の移動経路上で ^{222}Rn の供給がなかったものと考えられる。放出高度が3,000~6,000mの粒子も同程度の高度で移動しており、

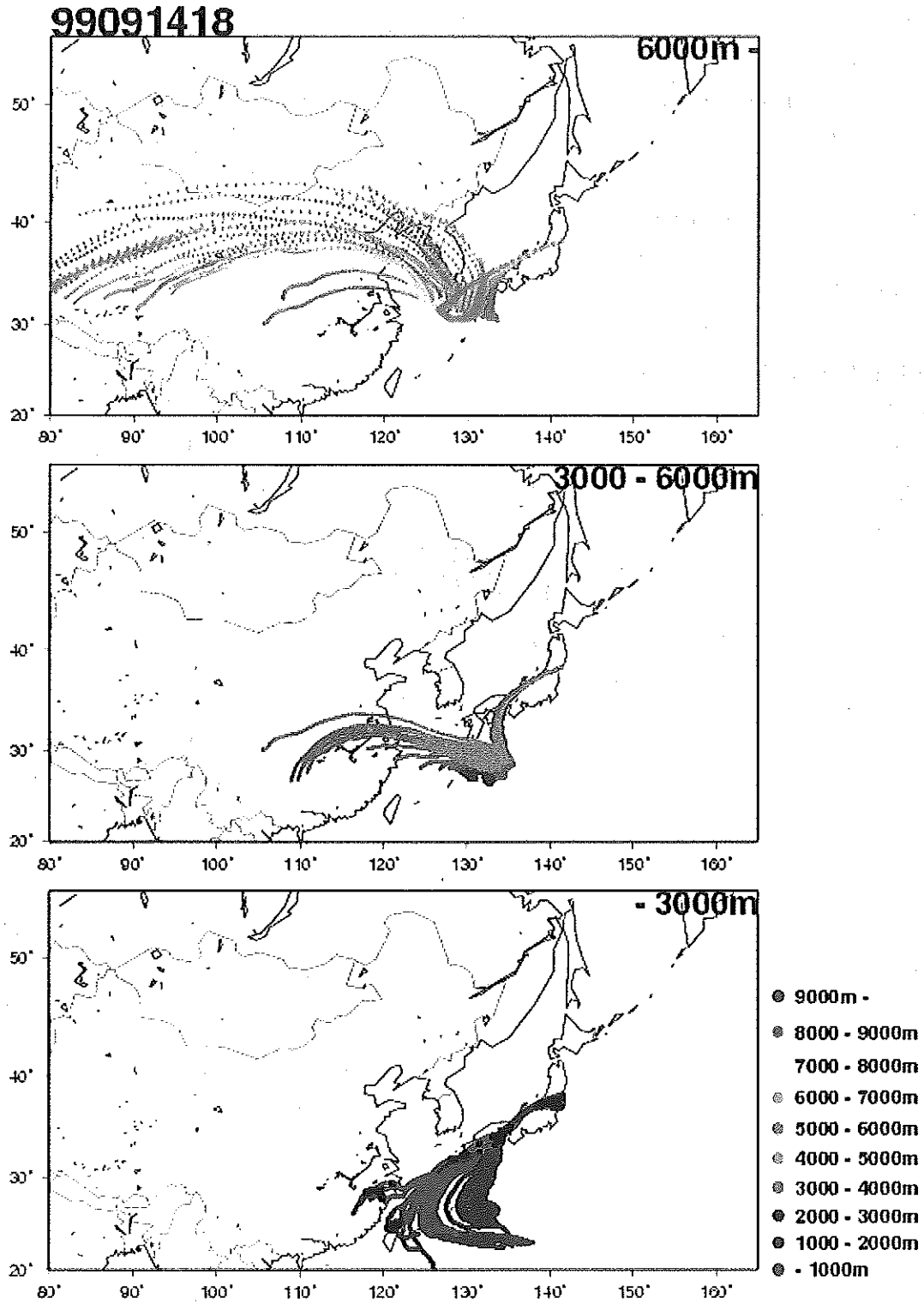


図 9-1 放出時刻 1999 年 9 月 14 日 18 時におけるバックトラジェクトリ解析結果(上段：高度 6,000m 以上から放出された粒子の流跡線、中段：高度 3,000m-6,000m から放出された粒子の流跡線、下段：高度 3,000m 未満から放出された粒子の流跡線、■：陸地上で混合層内に粒子が位置した地点)

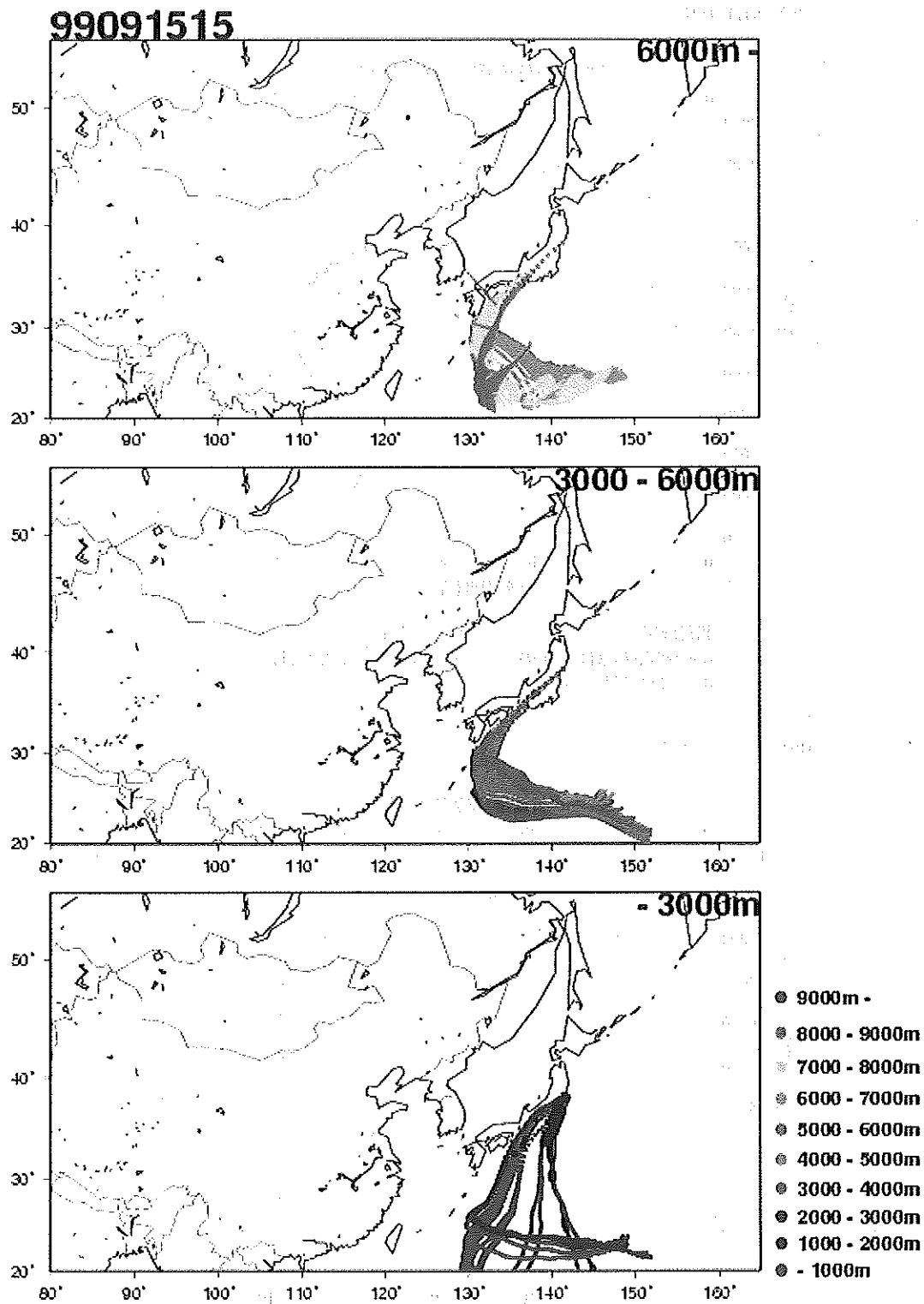


図9-2 放出時刻 1999年9月15日15時におけるバックトラジェクトリ解析結果(上段：高度6,000m以上から放出された粒子の流跡線、中段：高度3,000m-6,000mから放出された粒子の流跡線、下段：高度3,000m未満から放出された粒子の流跡線、■：陸地上で混合層内に粒子が位置した地点)

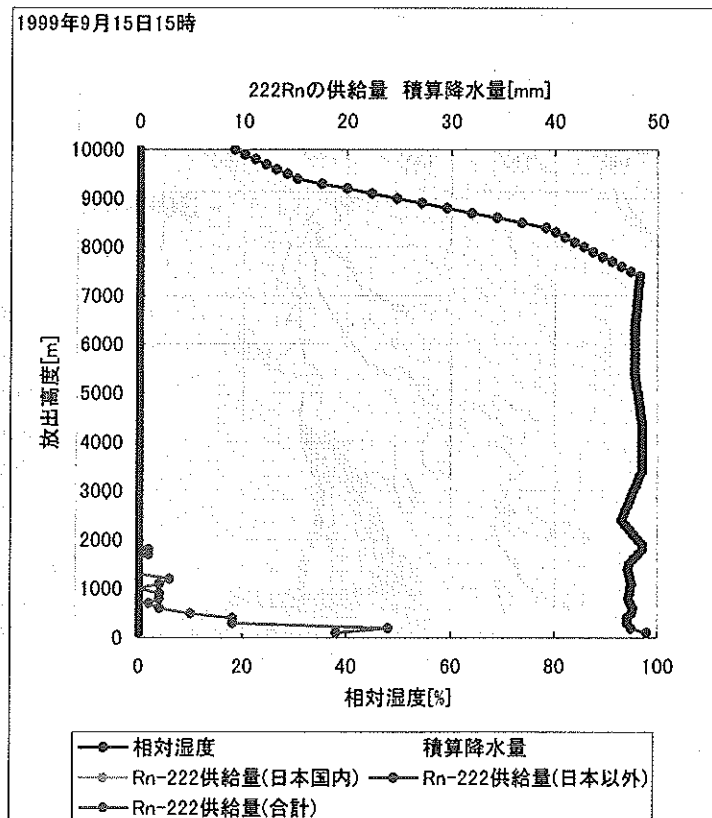
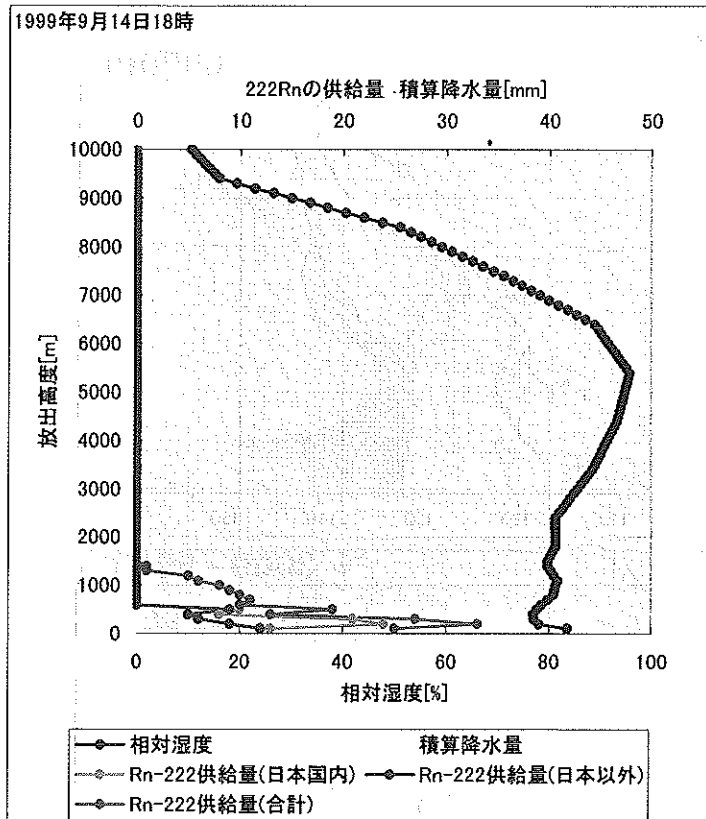


図 10 粒子放出高度における相対湿度、積算降水量、及び粒子に対する ^{222}Rn の供給量(左上：1999年9月14日18時、下：1999年9月15日15時)

粒子の移動経路上で ^{222}Rn の供給がなかったものと考えられる。3,000m 未満の高度で放出された粒子は日本列島を横断し、太平洋又は中国華南地域、台湾方面へ移動している。粒子は日本国内においては東北南部、近畿、九州地方上空において、日本国外では、中国華南地域、台湾方面において混合層内を通過し、これらの地域から ^{222}Rn が供給されていたことが推測される。

図 9-2 に放出時刻 9 月 15 日 15 時におけるバックトラジェクトリ解析結果を示す。粒子は 3,000~9,000m の高度では日本国内においては混合層内に入ることなく中部地方、近畿地方上空を通過し、太平洋方面へ移動している。3,000m 未満の高度では東北地方南部及び関東地方上空において混合層内を通過しており、これらの地域が ^{222}Rn の供給源と推測される。

図 10 に粒子の放出開始時点における放出高度別の相対湿度、降水量及び粒子に対する ^{222}Rn の供給量を示す。解析結果を高度別にみると、1,000m 以下で ^{222}Rn 供給量が多くなっている。9 月 14 日 18 時の解析結果は 9 月 15 日 15 時の結果に比較すると ^{222}Rn 供給量が多く、従って降水により女川付近にもたらされた ^{222}Rn 娘核種量も多いと考えられる。このことは、9 月 14 日 18 時におけるガンマ線線量率の上昇が 9 月 15 日 15 時に比べ大きかったことと一致する。 ^{222}Rn の供給については、9 月 14 日 18 時の解析結果では、国内からの供給は日本以外からの供給の 2 倍以上であった。また、9 月 15 日 15 時の解析結果では、 ^{222}Rn の供給源は国内のみであり、本事例は日本国内由来の ^{222}Rn がガンマ線線量率上昇に寄与していたことが考えられる。

IV まとめ

降水時にガンマ線線量率の上昇をもたらした ^{222}Rn の発生源を推定するために、設定条件を改善してバックトラジェクトリ解析を行った結果、以下の結果を得た。

- 1 高線量率上昇型の事例の解析結果から、主に朝鮮半島北部及びモンゴル北部起源の ^{222}Rn とその娘核種が、大陸性気団の影響により輸送されて女川上空に至りガンマ線線量率の上昇をもたらしたと考えられ、昨年度の研究と同様の結果を得た。しかし、日本国内起源の ^{222}Rn もガンマ線線量率の上昇に少なからず寄与している可能性も考えられた。
- 2 長時間降水型で、日本国内起源の ^{222}Rn がガンマ線線量率の上昇に寄与したと考えられる事例を再解析した結果、 ^{222}Rn 発生源はほぼ日本国内であると推定された。

以上の結果から、女川付近における降水時のガンマ線線量率の上昇には日本国内起源の ^{222}Rn も大きく寄与している可能性が考えられた。

なお、本研究は平成 15 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)
- 5 木立博ほか, 宮城県原子力センター年報, 第 20 巻, p.10-17(2001)
- 6 服部ほか, 電力中央研究所狛江研究所報告, T98018(1999)
- 7 飯田孝雄, 放射線科学, 33, p.379-381(1990)
- 8 土井ほか, Radioisotopes, 44, p.701-709(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3報)

木立博、面川和信、石川陽一、佐々木俊行¹

レスポンスマトリクス法により処理して得られる指標線量率の変動の出現傾向を2003年度のデータを用いて解析した。ガンマ線のスペクトル及び指標線量率算出の各過程で得られるデータを解析し、降水時に出現する指標線量率の変動の発生要因について検討した。

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(牡鹿半島周辺)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)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り、当センターでは原子力発電所からの影響の有無を判断するために指標線量率(人工放射線寄与分)も併せて監視している。

指標線量率とは、空間ガンマ線線量率をレスポンスマトリクス法¹⁾で処理して得られるガンマ線線量率から、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」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³⁾。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^{4) 5)}、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。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、指標線量率は長期間に渡って安定性が良好であることが確認されている^{3) 6)}。

しかし、長期間の指標線量率データを解析した結果、人工放射線の影響がない場合でも数nGy/h程度値の変動が認められた。前報⁶⁾においてこれらの変動を6パターンに分類したが、これらの原因は指標線量率算出過程にあると考えられた⁶⁾。主な変動としては、降水時に希に指標線量率の値が上昇または下降する変動(パターンC:降水影響型の変動)があるが、他の変動パターンと比べて出現頻度が比較的高く、発生原因も明確でない。そのため、発生原因と変動の解消方法を明らかにすることが重要な課題である。この他、測定器の定期保守点検による調整後に現れ、約1ヶ月間続く変動もあったが、これを解消するために2002年に指標線量率算出プログラムを一部変更した結果、この変動が現れなくなった。

本研究では、指標線量率算出プログラムを一部変更した後の2003年度のデータを用い、変動の出現状況の解析を行った。また、降水時に出現する変動の原因を解明するために、指標線量率算出過程で得られるデータの解析を行った。

II 方法

1 自動測定局におけるガンマ線線量率の測定

牡鹿半島周辺に設置した7局のMSにおける空間ガンマ線線量率の測定を、NaI(Tl)シンチレ

1 現、宮城県保健環境センター大気環境部

ーション検出器（Aloka 製、3φ”×3”円筒形、下方2π鉛遮蔽付）により測定した。降水量は感雨計（小笠原計器製、NS-100型）及び雨雪量計（小笠原計器製、RS-222型）により測定した。

2 ガンマ線スペクトルの処理

応答行列は中村のモンテカルロ計算結果を用い²⁾、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湊の方法¹⁾により処理して線束密度のエネルギー分布及びガンマ線線量率を算出した。また、中村の方法²⁾により線束密度のエネルギー分布を処理してU系列核種、Th系列核種及び⁴⁰Kからの直接線の線量率を求めた。これら天然核種からの直接線の線量率とガンマ線線量率の過去約1ヶ月間のデータから重回帰計算により偏回帰係数を求め、式1により推定BGを算出した。

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

U、Th、K；U系列核種、Th系列核種、⁴⁰Kからの直接線の線量率

β_{1-4} ；過去約1ヶ月間のデータを重回帰計算して求めた偏回帰係数

III 結果及び考察

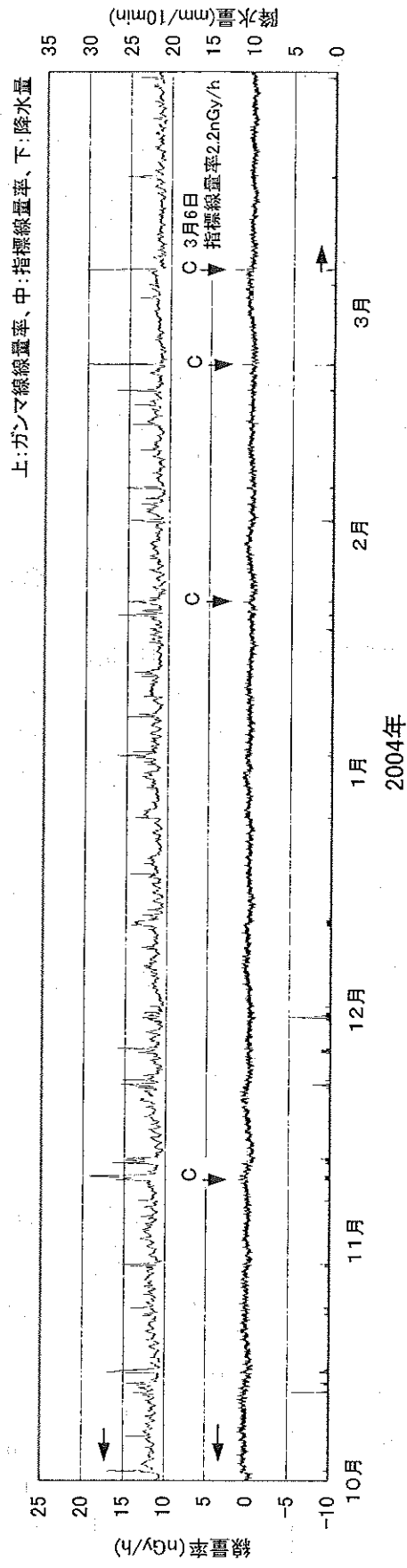
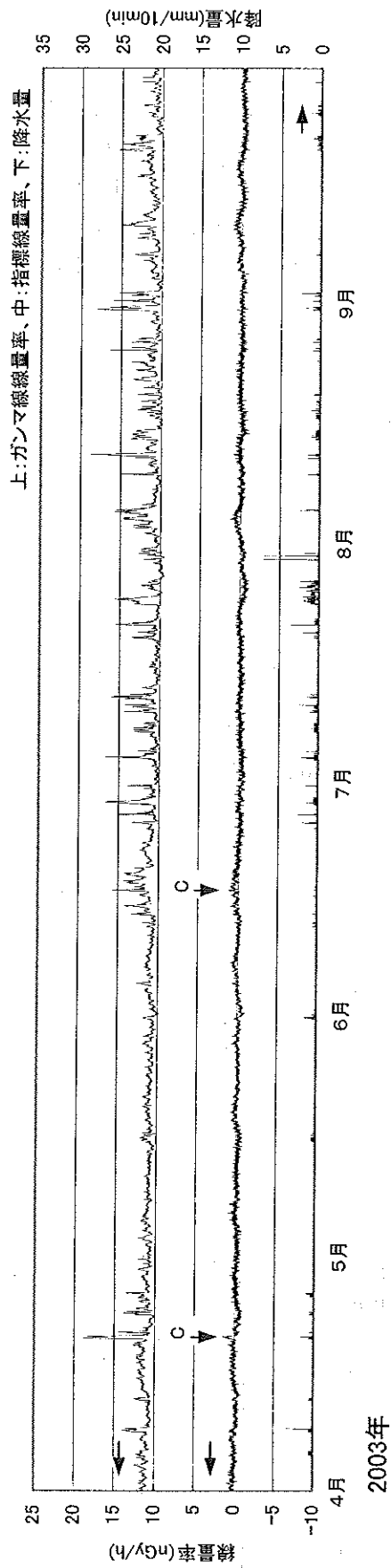
1 2003年度における指標線量率の変動の出現状況

牡鹿半島周辺の全7局のMSにおける2003年度のガンマ線線量率及び指標線量率の測定結果を表1に示す。収集したデータの個数は10分値で52,000個程度であり、全て人工放射線の影響がなかったデータである。指標線量率はいずれの測定局においてもほぼ0nGy/h付近の値を推移し、標準偏差は0.2~0.3程度であった。また、指標線量率の変動の出現状況を表2に示す。降水影響型の変動は1nGy/hを超過したものを集計した。他の測定局においても降水の影響による変動が数個程度みられ、女川局以外での各局の最大値は降水影響型の変動によるものであった。そのほか、パターンB（キャリブレーション誤差型）の変動も全測定局でみられたが、測定器の定期保守点検による調整後に現れるスペクトルドリフト影響型1及び2（パターンD及びE）とキャリブレーションピーク検出不足型（パターンF）はどの測定局においても出現しなかった。全体としては2001年度以前に比べ、変動の最大値及び変動の出現頻度は低下の傾向にある。全測MS中で指標線量率の最大値が出現した小積局にける2003年度の指標線量率の時系列グラフを図1に示す。小積局において指標線量率の最大値が出現したのは2004年3月6日の降雪が観測された日であるが、そのほかにも降水の影響で変動（パターンC；降水影響型）が現れていた。

表1 MSにおける2003年度ガンマ線線量率及び指標線量率の統計

		女川局	飯子浜局	小屋取局	寄磯局	鮫浦局	谷川局	小積局
ガンマ線線量率	平均値	6.0	12.6	12.9	7.6	10.0	7.6	11.4
	最大値	15.8	23.4	26.2	17.2	20.7	19.1	21.1
	最小値	4.5	10.5	10.6	6.0	8.3	5.7	9.5
	標準偏差	1.0	1.0	1.2	0.8	0.9	0.9	0.9
指標線量率	平均値	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	最大値	1.0	1.5	1.7	1.2	1.2	1.4	2.2
	最小値	-0.9	-1.2	-1.4	-0.9	-1.0	-0.9	-1.2
	標準偏差	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3

単位：nGy/h、データ個数：約52,000個



C: 主な降水影響型の指標線量率の変動

図1 小横局におけるガンマ線線量率及び指標線量率の変動(2003年度)

表2 指標線量率の変動の出現状況

	女川局	飯子浜局	小屋取局	寄磯局	鮫浦局	谷川局	小積局
パターンA (統計変動型)	全期間出現						
パターンB (キャリブレーション誤差型)	全期間出現						
パターンC (降水影響型)	0	4	7	1	4	2	6
パターンD (スペクトルドリフト影響型1)	0	0	0	0	0	0	0
パターンE (スペクトルドリフト影響型2)	0	0	0	0	0	0	0
パターンF (キャリブレーションピーク検出不足型)	0	0	0	0	0	0	0

単位:データ数約52,000あたりの出現回数

当センターでは2002年3月に環境放射線テレメータシステムを更新したが、その際、指標線量率算出プログラムを一部変更した。推定BGを算出する過程において、過去データを重回帰計算処理し、偏回帰係数をもとめる段階があり、更新前は過去27日間で、10分値9個から1個の割合でデータを抽出し、合計432個の過去データを用いて偏回帰係数を求めていた。432個の10分値のうち1個でも欠測があった場合はそのとき求めた偏回帰係数は用いず、過去を遡ってデータの欠測がなかった期間の偏回帰係数を用いて推定BGを算出していた。このため、正確な推定BGを算出できなくなり、測定器の調整後に現れる変動(パターンE;スペクトルドリフト影響型2)を引き起こしていることが考えられたので、この不具合を解消するために、重回帰計算に用いた過去データが432個の半数以上であれば、そのとき求めた偏回帰係数をそのまま用いて推定BGを算出するようにプログラム変更をした。その結果としてパターンEが出現しなくなったほか、降水影響型の変動も変動の程度が減少し、出現頻度が低下したと考えられる。その他の変動パターンDとFが出現しなくなった理由については明らかでない。

2 ガンマ線線量率と推定BGとの関係

小積局における2003年10月から2004年3月のガンマ線線量率と推定BGの関係を図2に示す。指標線量率はガンマ線線量率と推定BGの差で表される。非降水時においてガンマ線線量率は10~12nGy/h程度の値を示すが、推定BGも概ね等しい値を示し、それらの差である指標線量率はほぼ0nGy/hとなるため、図1でガンマ線線量率と推定BGの関係を示す点がY=Xの直線付近にプロットされている。降水時では、ガンマ線線量率及び推定BGがともに上昇し、約16nGy/h程度まではその差がほとんど生じないため直線上に点がプロットされているが、ガンマ線線量率が約17nGy/h以上となり線量率が高くなると、図中の枠で示すように直線からはずれるデータが出現する。これらのデータではガンマ線線量率が推定BGよりやや上回っており、降水影響型の自然変動となって現れたものである。特に2004年3月6日に指標線量率の値が2nGy/hを超過したデータを四角の記号(■)で示した。次の節でこの時のデータの詳しい解析結果について述べる。

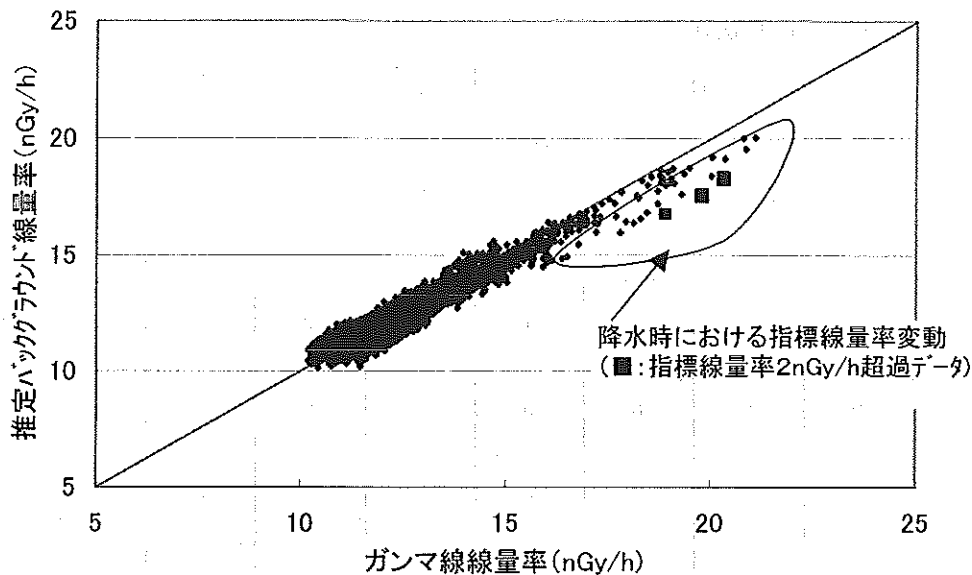


図2 小積局におけるガンマ線線量率と推定バックグラウンド線量率の関係
(2003年10月～2004年3月)

3 降水影響型の自然変動が認められた事例のガンマ線のエネルギー分布

降水時に指標線量率に大きな変動がみられた例として、小積局における2004年3月6日のガンマ線線量率及び指標線量率の変動を図3に示す。この日は降雪が観測され、女川町では10cm程度の積雪が観測された。この降雪の影響でガンマ線線量率が上昇したが、これとともに指標線量率の値も上昇し、9:10に最大値2.2nGy/hを示した。降水時に指標線量率が大きな変動を示さなかった例として、小積局における2003年8月31日の事例を図4に示す。この日は降水の影響でガンマ線線量率が18.0nGy/hまで上昇し、このとき指標線量率は0.3nGy/hを示した。指標線量率の最大値は0.8nGy/hであり、ガンマ線線量率が最大となる1時間ほど前に現れた。

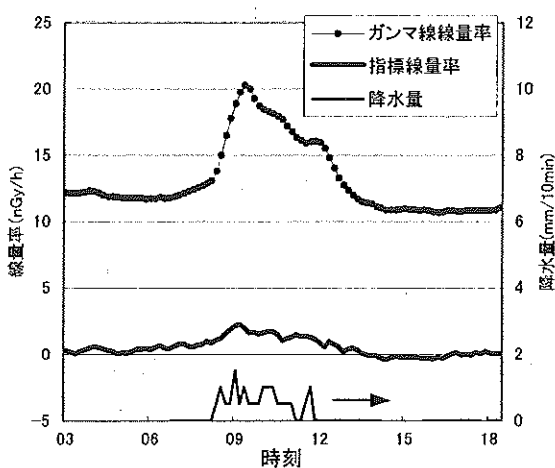


図3 指標線量率に大きな変動がみられた降水時の例(小積局 2004年3月6日)

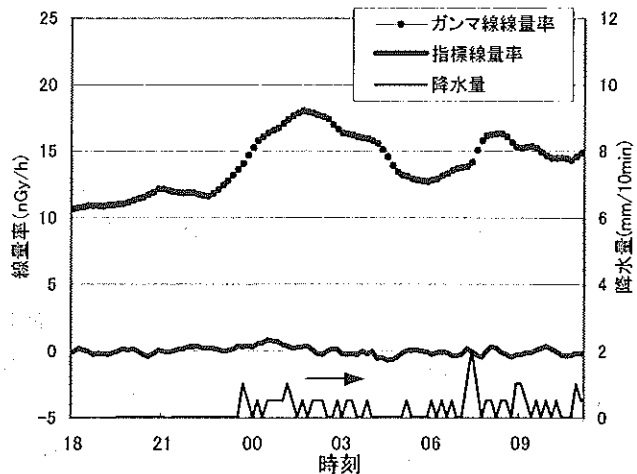


図4 指標線量率にあまり変動がみられなかった降水時の例(小積局 2003年8月31日)

指標線量率の最大値が検出された2004年3月6日9:10のガンマ線スペクトル(A)、降水があったが指標線量率の変動がみられなかった2003年8月31日1:40のガンマ線スペクトル(B)、比較対

照として、2004年3月6日の降雪前のガンマ線スペクトル(C)を図5に示す。ガンマ線スペクトル(A)及び(B)では、降水がなかったガンマ線スペクトル(C)に比べ、全体的にカウント数が上昇しており、降水中に含まれるU系列核種の ^{214}Pb (352keV: 図中の①)、 ^{214}Bi (609keV: 図中の②、1120keV: ③、1765keV: ⑤)、2204keV: ⑥)のピークが現れている。④は ^{40}K のピークであるが、(C)と比べカウント数が若干増加している。⑦はTh系列核種の ^{208}Tl のピークであり、降水時のスペクトルは非降水時に比べ遮蔽効果により若干カウント数が減少している。ガンマ線スペクトル(A)と(B)ではカウント数が異なることもあり、全体として大きな違いがみられない。

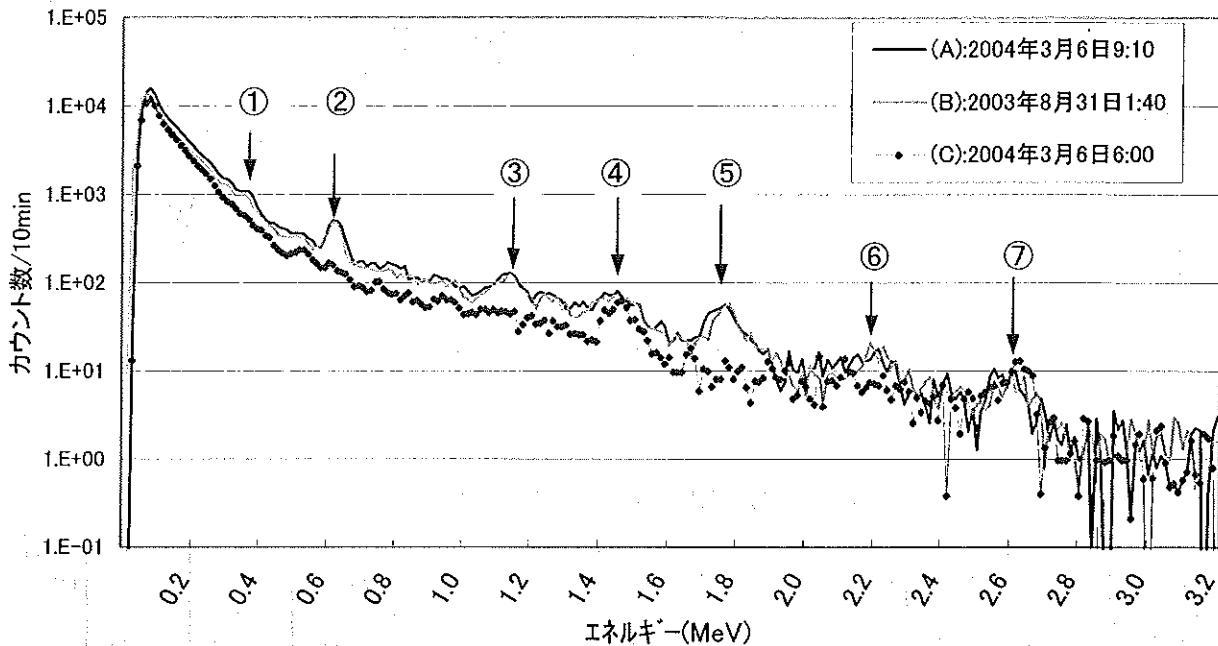


図5 降水時及び非降水時のガンマ線波高分布

図5に示したガンマ線スペクトルを22ビンのエネルギー領域に区分し、Unfoldingして得られた入射ガンマ線のエネルギー分布を図6に示す。各ビンのエネルギー区分は表3に示す。図6によると、降水時の入射ガンマ線のエネルギー分布(A)及び(B)は降水の無かった(C)に比べ図5と同様に線束密度の値が全体的に増加している。 ^{214}Bi の609keV(図中の②)、1120keV(③)、1765keV(⑤)、2204keV(⑥)のピークは低エネルギー側からそれぞれ6番、11番、16番、18番のビンに含まれ、特にこれらのビンの線束密度が増加している。 ^{214}Pb の352keVのピーク(図中の①)は3番目及び4番目のビンに配分されており、線束密度は若干増加しているが明瞭なピークとなっていない14番ビン(④)は ^{40}K のピークが含まれる領域であるが、降水によるU系列核種の増加の影響により線束密度が若干増加している。20番ビンはTh系列の ^{208}Tl (2614keV、図中の⑦)のピークが含まれる領域であるが、線束密度は(C)に比べ若干低い値を示しており、降水によってガンマ線がやや遮蔽されていることが考えられる。14番ビン(④)、16番ビン(⑤)及び20番ビン(⑦)の線束密度は概ね天然放射性核種(U系列核種、Th系列核種及び ^{40}K)からの直接線の線束密度のみで構成されており、推定BGを算出するために用いる重要な数値であるが、降水時における二事例(A)及び(B)の間では大きな違いがみられなかった。(A)と(B)の間では、全22ビンの総線束密度の違いもあり明らかな違いが認められないが、6番、11番、16番、18番のU系列核種の明瞭なピークが含まれるビンではほとんど差がみられないのに対し、6番を除く1番ビンから8番ビンのエネルギーの低い領域では線束密度に差がみられる。これは降水の影響によりガンマ線のエネルギー分布が変化していることも考えられるが今後検討する必要がある。

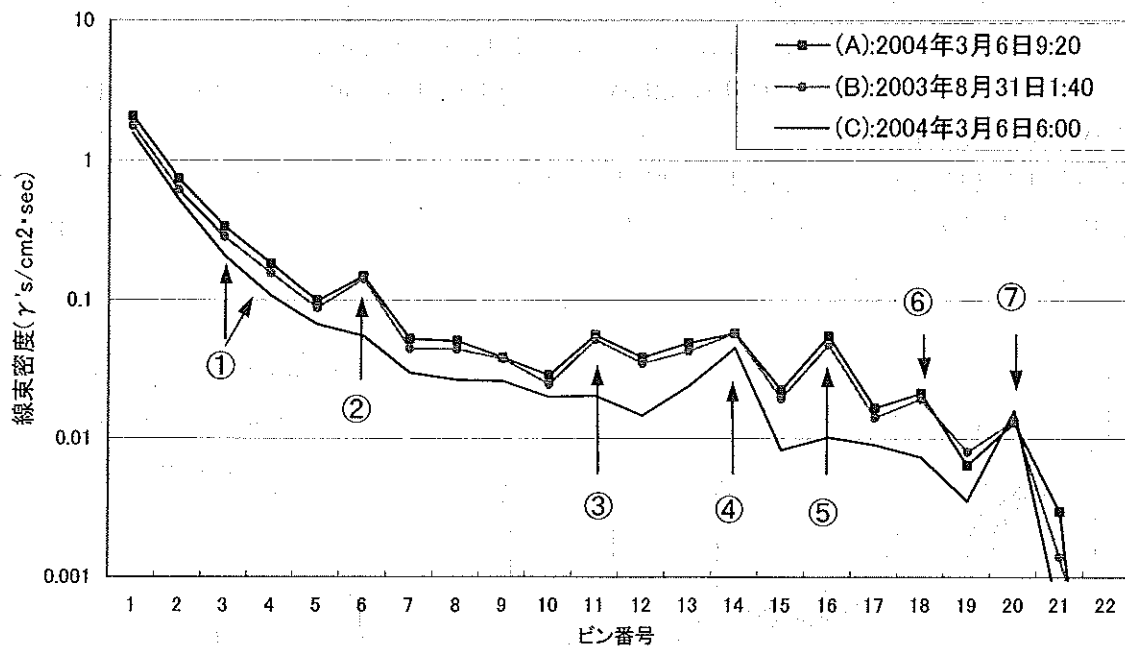


図6 入射ガンマ線のエネルギー分布

表3 入射ガンマ線のエネルギー分布における各ビンのエネルギー区分

ビン番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
エネルギー区分 (MeV)	0.05 ~ 0.15	0.15 ~ 0.25	0.25 ~ 0.35	0.35 ~ 0.45	0.45 ~ 0.55	0.55 ~ 0.65	0.65 ~ 0.75	0.75 ~ 0.85	0.85 ~ 0.95	0.95 ~ 1.05	1.05 ~ 1.15
ビン番号	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
エネルギー区分 (MeV)	1.15 ~ 1.25	1.25 ~ 1.39	1.39 ~ 1.54	1.54 ~ 1.69	1.69 ~ 1.84	1.84 ~ 2.1	2.1 ~ 2.31	2.31 ~ 2.51	2.51 ~ 2.72	2.72 ~ 3.0	3.0 ~ 3.2

4 降水時における指標線量率算出過程のデータ解析

(1) 降水時における線束密度の変動

Unfolding して得られた各ビンの線束密度を用いて、中村らの方法⁷⁾により U 系列、Th 系列及び ⁴⁰K からの直接線の線束密度を求めることができ、それらを全線束密度から差し引くことにより散乱線の線束密度も求めることができる。2004 年 3 月 6 日と 2003 年 8 月 31 日の小積局における U 系列、Th 系列及び ⁴⁰K からの直接線の線束密度と散乱線の線束密度の変動を図 7、8 に示す。直接線及び散乱線の線束密度は各々全 22 ビンの線束密度の総和とした。また、直接線の線束密度は U 系列、Th 系列及び ⁴⁰K からの直接線の線束密度を加えたものである。図 7 及び図 8 とともに直接線及び散乱線の線束密度は降水に伴って増加している。Th 系列及び ⁴⁰K からの直接線の線束密度は降水の影響を受けずほぼ一定の値で推移しているが、U 系列からの直接線の線束密度は降水に伴って増加しており、直接線及び散乱線の線束密度が変動するのは、U 系列からのガンマ線が増減するためと考えられる。二つの事例で異なる点は、図 6 において降雪に伴って Th 系列からの直接線の線束密度が若干低下していることで、これは降雪によってガンマ線がやや遮蔽されているためと考えられる。

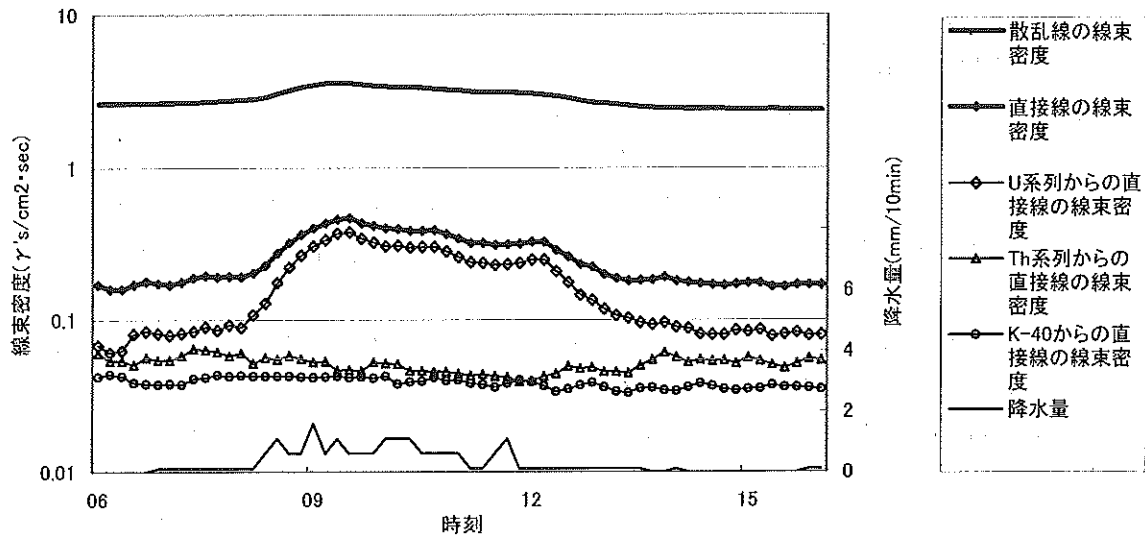


図7 小積局における線束密度の変動(2004年3月6日)

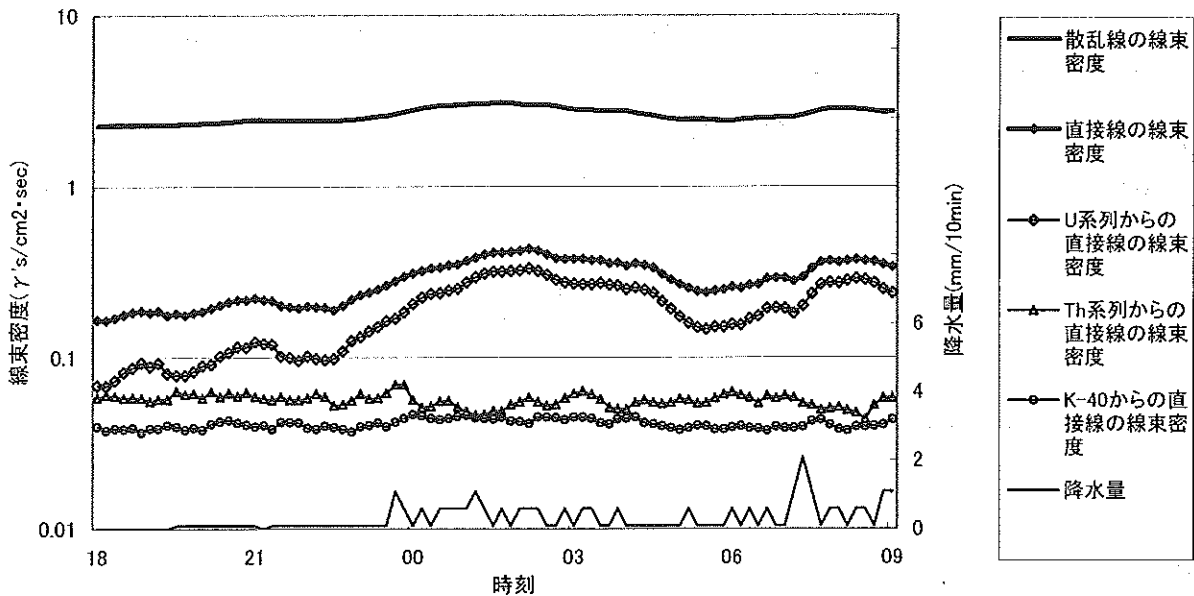


図8 小積局における線束密度の変動(2003年8月31日)

(2) 降水時における推定バックグラウンド線量率の構成成分の変動

降水時において指標線量率の変動が出現したとき(2004年3月6日)と出現しなかったとき(2003年8月31日)の推定BGの構成成分の変動を図9及び図10に示す。図9において、降水に伴ってガンマ線線量率が上昇するにつれて推定BGとの差が大きくなり、指標線量率の値が上昇している。図10では、降水に伴ってガンマ線線量率は上昇するが、推定BGの値も同様に上昇し、その差がほとんどみられないため指標線量率も大きな変動がみられない。

U系列、Th系列及び⁴⁰Kからの直接線の線量率は、線束密度のエネルギー分布において14番、16番、20番のビンの線束密度を処理することにより得られ、U、Th及びKで表す。また、 $\beta_1 \sim \beta_3$ はガンマ線線量率とU、Th、及びKの過去データを重回帰処理して得られた偏回帰係数であり、 β_4 は補正項である。これらから推定BGを構成する天然核種の寄与分 $\beta_1 U$ 、 $\beta_2 Th$ 、 $\beta_3 K$ が得ら

れるが、 $\beta_2\text{Th} + \beta_3\text{K} + \beta_4$ は図9において遮蔽効果のため若干減少しているが、指標線量率の変動が最大になった時刻では0.2nGy/h程度の減少であり、大きな影響とはいえない。図10では $\beta_2\text{Th} + \beta_3\text{K} + \beta_4$ は降水時においてもほぼ一定の値を推移している。一方、 $\beta_1\text{U}$ は降水に伴い値が大きく上昇しており、推定BGの変動は $\beta_1\text{U}$ の変動に強く影響されていることがわかる。特に図9では、推定BGがガンマ線線量率の変動に概ね追随しているが、図10の矢印で①示した部分では推定BGがガンマ線線量率より低い値を示しており、これは矢印②で示した $\beta_1\text{U}$ の曲線と同様の挙動を示している。

推定BGは線束密度エネルギー分布において各ビン線束密度の値を直接線分と散乱線分に分離し、直接線の線量率によって再構築したものと考えると、指標線量率の値が上昇することはガンマ線線量率に比べ推定BGが過小に評価されていることを意味すると考えられる。このことから、降水時

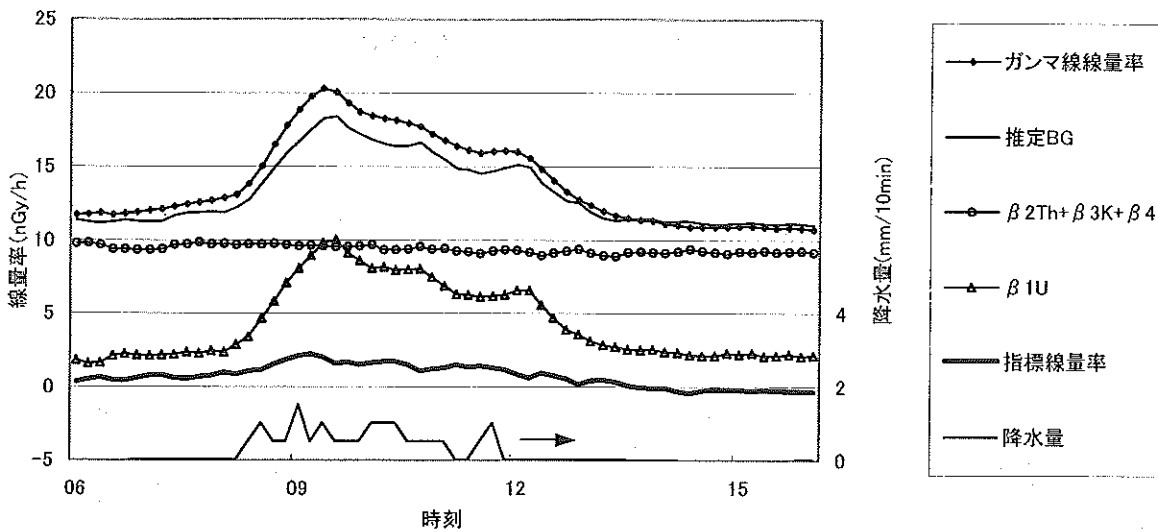


図9 小積局における推定BGの構成成分の変動(2004年3月6日)

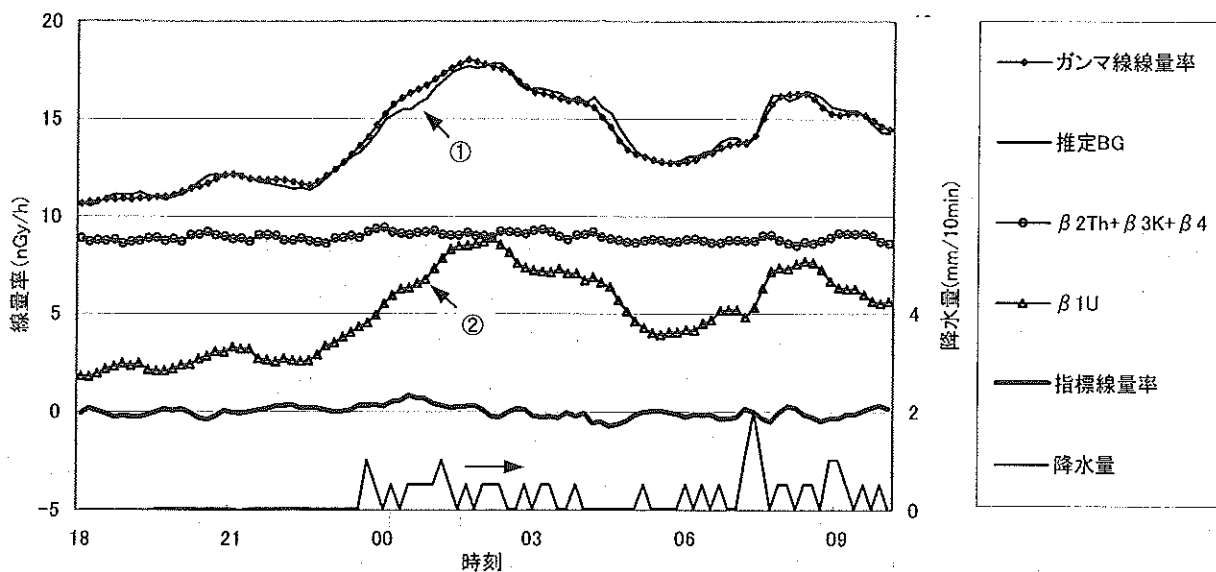


図10 小積局における推定BGの構成成分の変動(2003年8月31日)

において指標線量率の値が上昇するのは、 β_1U の値が何らかの原因で過小に評価されているためと考えられる。 β_1U が過小に評価されているということは、偏回帰係数 β_1 が過小に評価されているか、または U 系列からの直接線の線量率が過小に評価されていることを意味すると考えられるが、これらについては今後詳細に検討したい。

IV まとめ

指標線量率の変動の出現状況についての解析と、降水時に出現する指標線量率の変動について各種のデータを解析した結果、以下のような結果が得られた。

- 1 指標線量率算出プログラムにおける適切な偏回帰係数を適用するものに修正した結果、指標線量率の変動の出現頻度と変動の大きさが低下した。
- 2 降水時における変動はガンマ線線量率の値が高い領域で推定 BG との差が大きくなっているが、このときのガンマ線の波高分布及び線束密度のエネルギー分布には、指標線量率の変動が出現したデータとそうでないデータ間での大きな違いはみられなかった。
- 3 降水時における推定 BG の変動は、その構成成分である U 系列核種によるガンマ線線量率(β_1U)の変動が大きく影響していた。降水時における指標線量率の変動は、 β_1U が過小に評価されることに発生要因があることが考えられた。

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

Ⅲ 学会発表等の要旨

1 学会発表

(1) 宮城県牡鹿半島におけるラドン濃度と空間ガンマ線線量率との関係

木立博、石川陽一、今野達矢*、加賀谷秀樹**

*宮城県原子力安全対策室、**宮城県資源循環推進課
理工学における同位元素・放射線研究発表会、2003年7月9～11日、東京

女川原子力発電所周辺環境放射線を監視するために2000年度に新設した自動測定局(小積局)において、環境ガンマ線線量率と大気中ラドン濃度及び気象状況の関係について調べた。大気中ラドン濃度は小積局の屋上に設置したラドンモニター(GENITRON INSTRUMENTS社製AlphaGUARD2000PRO)を用いて1時間毎に測定した。ガンマ線線量率は下方に鉛遮へいを施したNaI(Tl)シンチレーション検出器(検出器;アロカ(株)ADP-132UR1型)によって測定した。気象項目として風向風速、降水量、感雨及び放射収量を測定した。ラドン濃度の測定は2001年8月中旬から9月末に行った。日変動が強く現れた9月16日から19日の期間に、深夜から早朝にかけて最大で約3nGy/h程度の線量率上昇がみられた。ラドン濃度も線量率上昇に対応して上昇し、最大で66Bq/m³の値を示した。この時のNaI(Tl)検出器によるガンマ線スペクトルには²¹⁴Pbと²¹⁴Biのピーク上昇がみられ、線量率上昇はこれらの核種の影響によるものと考えられた。この時間帯には降雨はなく、風速は概ね1m/s以下、放射収量は0～0.04kW/m²程度で、大気安定度は強安定であった。小積局は牡鹿半島の西岸の湾に面しており、3方を100m～200mの高さの山に囲まれた谷地形に位置している。このような地形では風が弱いときに地表付近に接地逆転層が形成され、周囲の地殻から湧出したラドンやその娘核種が夜間に山風によって山の斜面を緩やかに移動・集積するものと考えられ、そのため本地点で顕著なラドン濃度及び線量率上昇がもたらされたものと考えられた。

(2) 最近の降下物中¹³⁷Csと大陸起源エアロゾルとの関連 (2)

石川陽一、高橋正弘、榎崎幸範*、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
第47回放射化学討論会、2003年10月1～3日、泉佐野市(大阪府)

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¹³⁷Csが検出されている問題に関して、¹³⁷Csの起源と発生メカニズムを明らかにするために降下量の地域的分布の違いや大気中濃度の変動を調べた。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の、東北地方を東西に横断する位置の4地点にタンク(1地点当たりの採取面積約0.35m²)を設置し、大陸起源エアロゾルの多い時期と少ない時期に分けて降下物(雨水・ちり)を採取した。また、2002年3月から、宮城県と福岡県で同時期に数日間隔でハイボリューム・エアサンプラーにて大気浮遊じんを採取した。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¹³⁷Csは観測されなかったが、日本海に面する酒田市では他の地点より値が高めであった。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¹³⁷Cs濃度は、大陸起源エアロゾル飛来時には通常のレベル(約1μBq/m³以下)よりも顕著に高い値を示し、それに伴って¹³⁷Csが我が国に飛来したことが明らかとなった。

(3) 環境放射能の経時変動と地域的分布 -宮城県における観測結果を中心として-

石川陽一、檜崎幸範*、鈴木利孝**

* 福岡県保健環境研究所、** 山形大学理学部

日本分析化学会東北支部主催、第2回環境と分析化学のセミナー、
2003年12月19日、仙台市

1981年10月から女川原子力発電所周辺の環境放射能及び放射線（ガンマ線）のモニタリングを行ってきたが、これまでの20年余りの間に同発電所による影響は認められなかった。一方、過去の大気圏内核実験や旧・ソ連チェルノブイリ原発事故などに起因する ^{137}Cs などのフォールアウト核種が観測された。フォールアウト核種を環境のトレーサーであると見なして、それらの濃度の経時変動や地域的分布の違いに着目した研究を行ってきた。近年では環境中のフォールアウト核種の種類と量が非常に少なくなっているため、代わりに天然放射性核種を利用することも有効と考えられる。本セミナーでは、このような背景を踏まえつつ、人工及び天然の環境放射能の経時変動と地域的分布について宮城県における観測結果を中心に紹介した。最近他県の研究者と連携して行っている広域的な環境放射能の変動や分布についても報告した。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降下物中の ^{137}Cs の放射能の経年変動と地域差、それらと地表付近からの再浮遊影響との関連性、大陸からの土壌起源粒子に伴う ^{137}Cs について紹介した。また、海洋における核種（元素）の分布・挙動に関する興味深い観測例として、二枚貝類のマガキ(*Crassostrea gigas*)中の放射性銀 ^{108m}Ag （半減期127年）の分布・挙動などについても紹介した。

(4) 環境 γ 線線量率の変動に影響を与える天然放射性核種の発生源及び移動経路のバックトラジェクトリ解析

木立博、石川陽一、佐々木俊行、高橋正弘、福田寿*、高木哲郎*

*株式会社CRCソリューションズ

日本気象学会2003年度秋季大会、2003年10月15～17日、仙台市

1999年度～2001年度の女川原子力発電所周辺の環境放射線監視データを用い、気象庁GSMデータに基づいてバックトラジェクトリ解析を行って、気団移動経路やラドン発生源を推定して環境 γ 線への影響評価を試みた。降水時の監視データ(γ 線線量率及び降水量)の変動傾向を分析し典型的な5パターンに分類した。典型的な事例について、宮城県女川町を起点としてバックトラジェクトリを行い、ラドンの移動経路と発生源の推定を行った。降雨に伴って線量率が上昇した事例ではラドン発生源は中国東北部地域にあった。一方、台風に伴う降雨の事例では線量率はほとんど上昇せず、発生源は太平洋にあった。以上のように、バックトラジェクトリ解析の結果、線量率上昇が大きい場合には発生源・移動経路は中国大陸や日本列島であり、線量率変動の小さい場合には海洋上が発生源・移動経路であった。

(5) 空間ガンマ線線量率の変動に影響を与える天然放射性核種の発生源及び移動経路のバックトラジェクトリ解析

木立博、石川陽一、佐々木俊行、高橋正弘

宮城県保健環境センター 第22回研究発表会、2004年3月12日、仙台市

(内容は上記の日本気象学会2003年度秋季大会と同様につき省略)

(6) 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

木立博、石川陽一、佐々木俊行、今野達矢*

*宮城県原子力安全対策室

第5回環境放射能研究会、2004年3月2~4日、つくば市

空間ガンマ線の監視測定において本県で行っている自然ガンマ線寄与分と人工ガンマ線寄与分（以下、指標線量率という）とに分離評価する手法に関して、人工ガンマ線検出の精度確認のための照射実験を行うとともに、人工放射線影響のない平常時の過去データ解析を行った。指標線量率は、空間ガンマ線線量率（RM線量率）から自然ガンマ線寄与分（推定バックグラウンド線量率）を差し引いて算出した。 ^{241}Am （3.5 MBq）、 ^{57}Co （3.7 MBq）、 ^{137}Cs （3.7 MBq）、 ^{60}Co （3.7 MBq）の人工ガンマ線源照射の結果、 ^{137}Cs 及び ^{60}Co の照射では良好な応答を示したが、 ^{241}Am 及び ^{57}Co では、指示値が照射値に対し60~70%とやや低い値を示した。 ^{137}Cs 線源（3.7 MBq、100 kBq、及び37 kBq）に対しては、低線量率域（~12nGy/h）及び高線量率域（~400nGy/h）ともに、照射値と指標線量率指示値の間には概ね直線関係が認められた。人工放射線影響のない時には、7ヶ所の自動測定局における指標線量率データの年間平均値は概ね0.0nGy/h、標準偏差は0.3程度であり安定性は良好であった。しかし、希に±数nGy/h程度の変動がみられ、この原因としてガンマ線スペクトルのエネルギー校正誤差やスペクトルのドリフト、降水に含まれる ^{222}Rn 娘核種の分布の影響などが考えられた。

(7) 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、榎崎幸範*、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

第5回環境放射能研究会、2004年3月2~4日、つくば市

（放射化学討論会の内容とほぼ同様なので省略。ただし、大気中の浮遊粒子状物質（SPM）濃度と大気中 ^{137}Cs の関連についても触れた。）

2 誌上発表

(1) Biomagnification of ^7Be , ^{234}Th , and ^{228}Ra in Marine Organisms near the Northern Pacific Coast of Japan.

Y. Ishikawa, H. Kagaya & K. Saga

Journal of Environmental Radioactivity, 76, 103-112 (2004)

Enrichment of natural radionuclides of thorium, radium and beryllium in several kinds of marine organisms was investigated near the Pacific Coast of Miyagi Pref., Japan. The radioactivity of ^7Be , ^{210}Pb , ^{234}Th , ^{238}U , ^{228}Ra and ^{137}Cs was measured using gamma spectrometry. High concentrations of ^{234}Th were observed in ascidian livers (50-400 Bq/kg dry) and excrement (2000-2900 Bq/kg dry), although the parent ^{238}U concentrations were less than 3 Bq/kg dry. Such extreme disequilibrium between ^{238}U and ^{234}Th activity was observed in other organisms (barnacles, mussels and brown algae). Relatively high concentrations of ^{228}Ra were detected in ascidian livers and were observed to decrease according to its half-life (5.75 y), suggesting disequilibrium with its parent ^{232}Th . High concentrations (about 1900-5000 Bq/kg dry) of ^7Be were detected in ascidian liver. Possible mechanisms for the observed biomagnification and bioaccumulation of these radionuclides in the organisms analyzed were proposed.

(2) 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 45 回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成 14 年度)、2003 年 12 月、
文部科学省、p. 157-160

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 14 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、降水物、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。

IV 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15年度は土壌、あわび、ほや、かき、むらさきいがい、あらめ、うみとらのお、ほんだわら、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15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	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)
陸土	1	土壌	— *1	—	47.7	—	158	—	<1	—	32.6	—	161	—	95.4	—
	2	あわび-1	97MP0143	肉	94.8	2.04	241	5.19	3	0.06	2.43	0.052	2	0.04	1.18	0.025
	3	あわび-2	98MP0154		93.1	2.02	279	6.07	5	0.11	2.28	0.050	3	0.07	1.29	0.028
	4	あわび-3	02MP0145		71.8	1.71	264	6.32	4	0.10	1.85	0.044	3	0.07	1.64	0.039
	5	あわび-4	03MP0126		53.5	1.19	215	4.80	3	0.07	1.45	0.032	<2	—	0.71	0.016
	6	ほや-1	03MP0050		2.98	0.075	128	3.21	3	0.08	1.15	0.029	<2	—	1.50	0.038
	7	ほや-2	03MP0051		3.57	0.084	86	2.03	2	0.05	1.05	0.025	<2	—	1.28	0.030
8	かき-1	03MP0134	3.09		0.077	610	15.3	8	0.20	1.55	0.039	6	0.15	4.70	0.118	
海産動物	9	かき-2	03MP0147	3.22	0.079	441	10.8	8	0.20	1.87	0.046	5	0.12	5.72	0.140	
	10	かき-3	03MP0135	2.63	0.069	380	10.0	19	0.50	1.39	0.037	6	0.16	4.52	0.119	
	11	かき-4	03MP0142	2.76	0.072	932	24.2	22	0.57	1.88	0.049	9	0.23	4.79	0.124	
	12	むらさきいがい-1	02IS0013	7.60	0.203	69	1.85	<1	—	—	2.25	0.060	8	0.21	5.10	0.136
	13	むらさきいがい-2	02IS0057	5.36	0.119	36	0.80	<1	—	—	2.22	0.049	6	0.13	7.09	0.157
	14	むらさきいがい-3	02IS0119	3.43	0.073	31	0.66	<1	—	—	2.04	0.043	21	0.45	4.27	0.091
	15	むらさきいがい-4	02IS0162	3.18	0.084	28	0.74	<1	—	—	1.68	0.044	5	0.13	4.02	0.106
海藻	16	あらめ-1	02IS0200	0.64	0.028	10	0.45	<1	—	—	0.18	0.008	<2	—	<0.01	—
	17	あらめ-2	03IS0039	0.75	0.032	5	0.21	<1	—	—	0.24	0.010	3	0.13	<0.01	—
	18	あらめ-3	03IS0103	1.14	0.049	7	0.30	<1	—	—	0.52	0.022	3	0.13	0.72	0.031
	19	あらめ-4	03IS0130	1.62	0.078	9	0.44	1	0.05	0.58	0.028	4	0.19	0.17	0.008	
肉	20	うみとらのお	00IS0003	9.56	0.474	8	0.40	2	0.10	1.29	0.064	4	0.20	1.52	0.075	
	21	ほんだわら	— *2	2.93	0.603	32	6.59	<1	—	0.82	0.169	5	1.03	8.26	1.70	

*1, *2 : 標準試料

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	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)
陸土	1	土壌	—	—	1.26	—	259	—	50200	—	545	—	48	—
海産動物	2	あわび-1	97MP0143	肉	0.052	0.0011	308	6.64	1230	26.5	10	0.22	209	4.50
	3	あわび-2	98MP0154		0.054	0.0012	366	7.96	1260	27.4	13	0.28	224	4.87
	4	あわび-3	02MP0145		0.069	0.0017	347	8.30	1280	30.6	12	0.29	216	5.17
	5	あわび-4	03MP0126		0.048	0.0011	312	6.97	939	21.0	10	0.22	195	4.35
	6	ほや-1	03MP0050		0.076	0.0019	1760	44.2	248	6.22	86	2.15	135	3.39
	7	ほや-2	03MP0051		0.076	0.0018	1510	35.7	202	4.78	77	1.81	160	3.78
	8	かき-1	03MP0134		0.094	0.0024	10500	263	1300	32.5	597	14.9	160	4.00
	9	かき-2	03MP0147	0.100	0.0024	9260	226	1110	27.1	488	11.9	160	3.91	
	10	かき-3	03MP0135	0.069	0.0018	6860	181	1110	29.3	494	13.0	169	4.46	
	11	かき-4	03MP0142	0.067	0.0017	9640	251	1550	40.3	473	12.3	144	3.74	
	12	むらさきいがい-1	02IS0013	0.112	0.0030	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13	むらさきいがい-2	02IS0057	0.076	0.0017	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14	むらさきいがい-3	02IS0119	0.066	0.0014	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	むらさきいがい-4	02IS0162	0.072	0.0019	710	18.8	809	21.4	45	1.19	202	5.34	
	海藻	16	あらめ-1	02IS0200	0.009	0.0004	—	—	—	—	—	—	—	—
17		あらめ-2	03IS0039	0.024	0.0010	46	1.94	71	2.99	13	0.55	2590	109	
18		あらめ-3	03IS0103	0.033	0.0014	48	2.04	62	2.64	10	0.43	2770	118	
19		あらめ-4	03IS0130	0.020	0.0010	44	2.13	114	5.52	8	0.39	2760	134	
20		うみとらのお	00IS0003	0.030	0.0015	46	2.28	672	33.3	117	5.80	1920	95.2	
21		ほんだわら	—	0.032	0.0066	64	13.2	725	149	83	17.1	948	195	

表2-(2) 分析結果

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
22	海底土-1	03IS0033	表 層 土	10.1	5	<1	4.86	13	8.40	0.507	22	9010	84	508	3.7
23	海底土-1	00SS0035		24.7	23	2	9.30	20	29.6	0.977	52	13900	96	475	6.6

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(降下物及び浮遊じん)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に分析試料一覧を示す。

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)	採取面積(m ²)または採取空気量(m ³)相当量
降下物 (注1)	降下物 1 (02FO0008)	仙台市	2001/12/3 ~2002/7/1	7.17	採取面積 0.874 m ²
	降下物 2 (02FO0102)	仙台市	2002/7/1 ~2002/12/27	2.76	採取面積 0.244 m ²
	降下物 3 (02FO0104)	山形市	2002/7/9 ~2003/1/9	1.76	採取面積 0.272 m ²
	降下物 4 (02FO0103)	酒田市	2002/7/8 ~2003/1/8	10.9	採取面積 0.238 m ²
浮遊じん (注2)	浮遊じん 1 (02AE0003)	女川町	2002/4/4 15:01 ~2002/4/8 15:30	3.03	採取空気量 4206 m ³
	浮遊じん 2 (02AE0004)	女川町	2002/4/8 15:37 ~2002/4/11 09:01	1.96	採取空気量 1765 m ³
	浮遊じん 3 (02AE0010)	女川町	2002/4/11 09:00 ~2002/4/15 11:37	3.20	採取空気量 2532 m ³

(注1) 分析に供した降下物試料の性状: 蒸発残さの450°C灰化物

(注2) 分析に供した浮遊じん試料の性状: 粉末化したガラス繊維ろ紙

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の試料にのみ検出されたが、 ^{137}Cs との放射能比 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ は約2であった。 $^{239+240}\text{Pu}$ は降下物1と降下物2の試料に検出され、 ^{137}Cs との放射能比 $^{239+240}\text{Pu} / ^{137}\text{Cs}$ はいずれも約0.025であった。

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				単位
			^{90}Sr	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{137}Cs (注)	
降下物1 (02FO0008)	仙台市	2001/12/3 ~2002/7/1	42±10	N D	2.2±0.4	93±3	mBq/m ²
降下物2 (02FO0102)	仙台市	2002/7/1 ~2002/12/27	N D	N D	N D	39±7	
降下物3 (02FO0104)	山形市	2002/7/9 ~2003/1/9	N D	N D	N D	52±5	
降下物4 (02FO0103)	酒田市	2002/7/8 ~2003/1/8	N D	N D	2.5±0.8	99±7	
浮遊じん1 (02AE0003)	女川町	2002/4/4 15:01 ~2002/4/8 15:30	N D	N D	N D	N D (<4.4)	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
浮遊じん2 (02AE0004)	女川町	2002/4/8 15:37 ~2002/4/11 09:01	N D	N D	N D	9.9±0.9	
浮遊じん3 (02AE0010)	女川町	2002/4/11 09:00 ~2002/4/15 11:37	N D	N D	N D	6.1±0.9	

(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			484	439	0	$3.29205E-1$ $\pm 1.57121E-2$
★ Pu-239+240	$1.87608E-3$ $\pm 3.59699E-4$	$1.87608E-3$ $\pm 3.59699E-4$	543	29	0	$2.17470E-2$ $\pm 4.03832E-3$
Pu-238	$6.46878E-5$ $\pm 9.70882E-5$	$6.46878E-5$ $\pm 9.70882E-5$	620	2	4	$7.49845E-4$ $\pm 1.12485E-3$

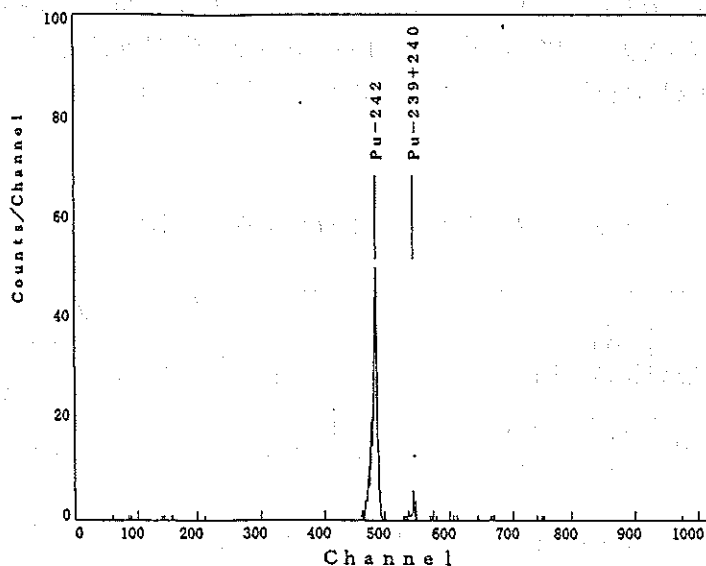


図1 降下物1

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			505	520	4	$3.89192E-1$ $\pm 1.71042E-2$
Pu-239+240	$1.64156E-4$ $\pm 1.13039E-4$	$1.64156E-4$ $\pm 1.13039E-4$	565	4	4	$2.24961E-3$ $\pm 1.54594E-3$
Pu-238	$-2.73620E-5$ $\pm 1.93852E-5$	$-2.73620E-5$ $\pm 1.93852E-5$	645	0	2	$-3.74972E-4$ $\pm 2.65145E-4$

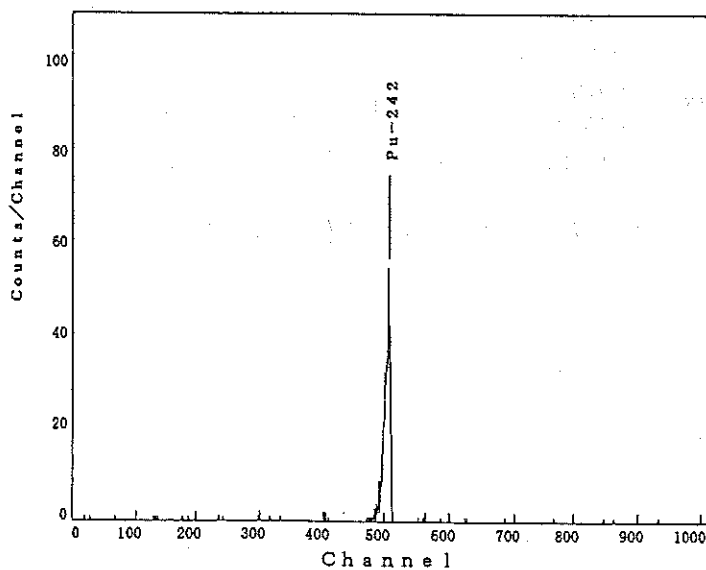


図2 降下物2

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			488	472	4	3.53193E-1 ±1.62958E-2
Pu-239+240	1.05518E-4 ±8.67315E-5	1.05518E-4 ±8.67315E-5	548	2	1	1.31227E-3 ±1.07693E-3
Pu-238	-3.01508E-5 ±2.13652E-5	-3.01508E-5 ±2.13652E-5	627	0	2	-3.74970E-4 ±2.65144E-4

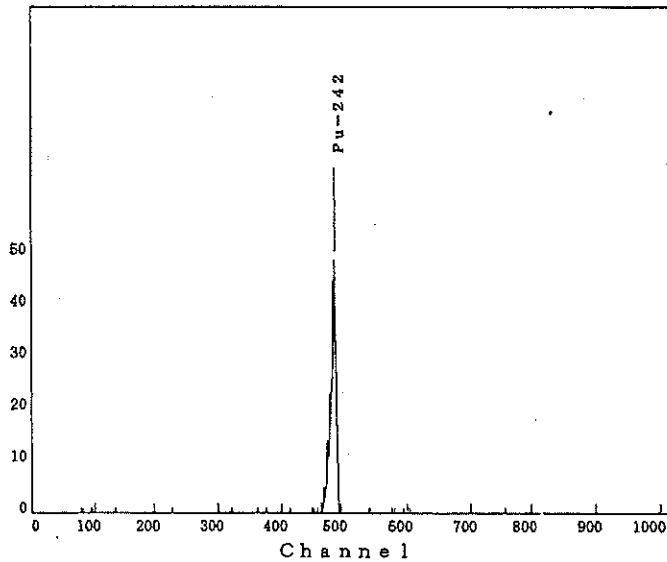


図3 降下物3

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			509	517	0	3.87682E-1 ±1.70502E-2
★ Pu-239+240	6.04248E-4 ±1.84116E-4	6.04248E-4 ±1.84116E-4	570	11	0	8.24856E-3 ±2.48703E-3
Pu-238	-2.74730E-5 ±6.44259E-5	-2.74730E-5 ±6.44259E-5	644	1	6	-3.75033E-4 ±8.79320E-4

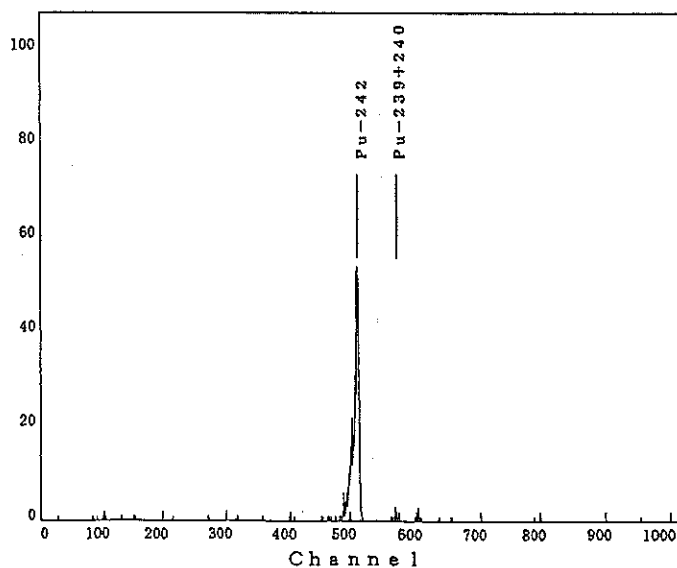


図4 降下物4

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			553	630	1	4.72301E-1 ±1.88253E-2
Pu-239+240	4.50965E-5 ±4.51324E-5	4.50965E-5 ±4.51324E-5	619	1	0	7.49981E-4 ±7.49981E-4
Pu-238	-1.12743E-5 ±1.12832E-5	-1.12743E-5 ±1.12832E-5	707	0	1	-1.87498E-4 ±1.87498E-4

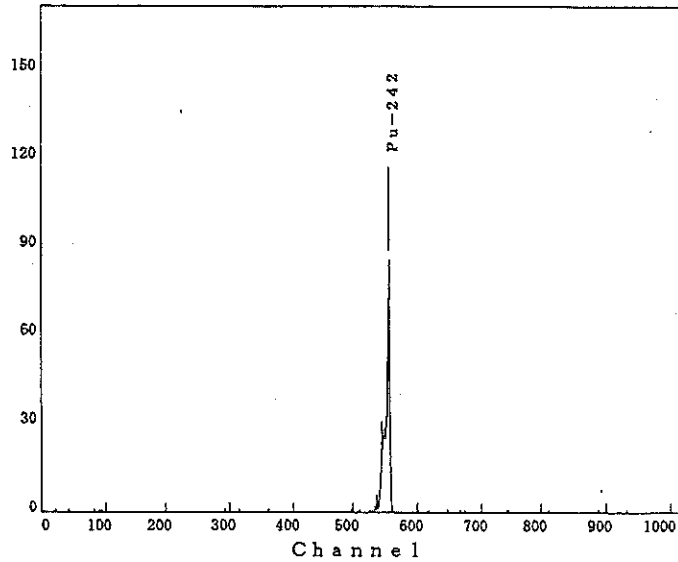


図5 浮遊じん1

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			495	625	0	4.68656E-1 ±1.87463E-2
Pu-239+240	3.74867E-4 ±1.38544E-4	3.74867E-4 ±1.38544E-4	558	9	3	6.18621E-3 ±2.27287E-3
Pu-238	-4.54434E-5 ±2.27943E-5	-4.54434E-5 ±2.27943E-5	641	0	4	-7.49925E-4 ±3.74963E-4

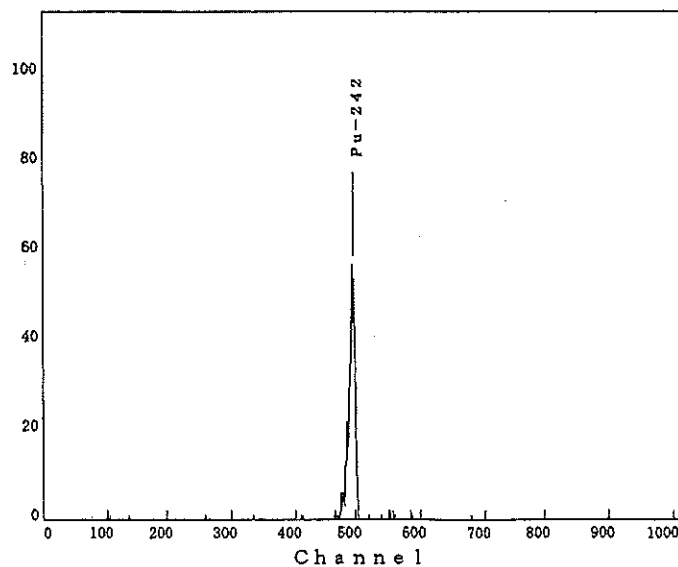


図6 浮遊じん2

核種	Bq/試料	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	Net (cpm)
Pu-242			551	539	1	4.04057E-1 ±1.74131E-2
Pu-239+240	1.05427E-4 ±7.46862E-5	1.05427E-4 ±7.46862E-5	615	2	0	1.49998E-3 ±1.06065E-3
Pu-238	-5.27140E-5 ±6.46005E-5	-5.27140E-5 ±6.46005E-5	700	1	8	-7.50000E-4 ±9.18549E-4

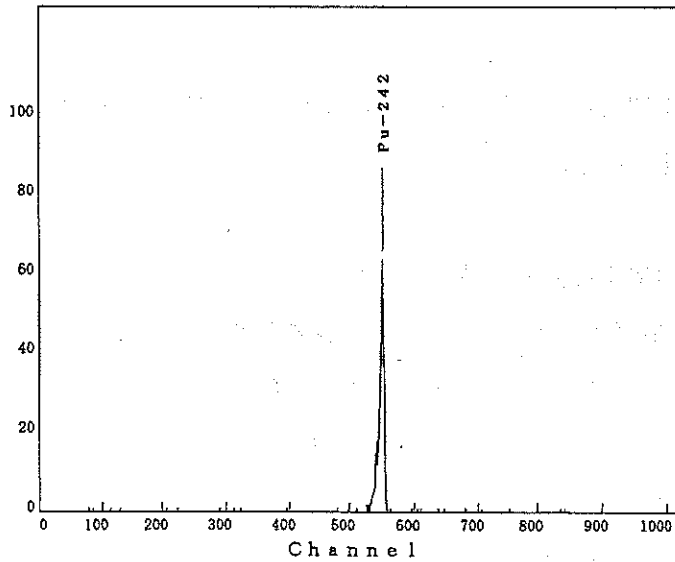


図7 浮遊じん3

資料3 宮城県における環境放射能核種分析結果

以下に、原則として2003年（平成15年）4月から2004年（平成16年）3月までに採取した試料の核種分析結果を示す。

[図表一覧]

図-1 : Ge半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー用試料形状と略称

表-1 : Ge半導体検出器の主な性能

(1) Ge半導体検出器による分析結果

表-2～表-30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15年度 女川原子力発電所 環境放射能調査結果（平成16年9月 宮城県）」において、対象核種（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）と ^7Be 及び ^{40}K の分析値が公表されたことを示す。これら以外の試料は調査研究のために採取したものである。放射能の値は試料採取日における値を示す。

(2) ^{90}Sr 分析結果

表-31

(3) ^3H 分析結果

表-32

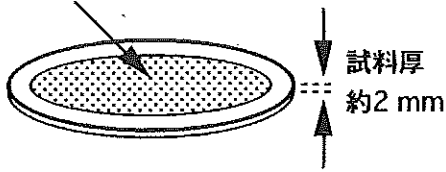
(4) 文部科学省委託調査結果（平成15年度）

表-33～表-39 :

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

浮遊じん採取

有効径53 mm ϕ

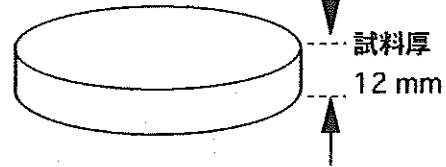


(a) 大気浮遊じん用ろ紙 (F53)

上：活性炭ろ紙 (Toyo, CP-20)

下：セルロース・ガラス繊維ろ紙
(Toyo, HE-40T)

60 mm ϕ

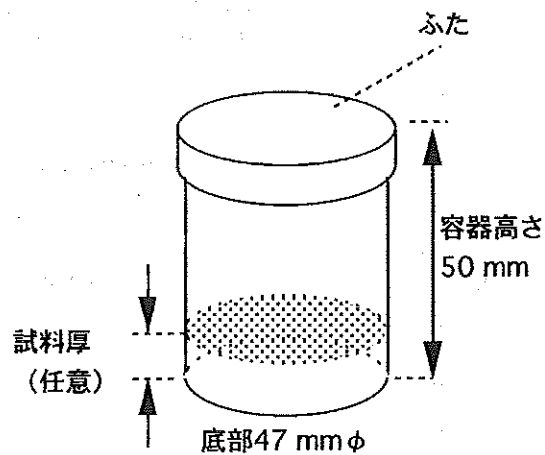


(b) ディスク状容器 (D60)

(プレス成型した灰試料用)

(c) ポリスチレン容器 (U8)

(降下物, 土壌, その他の
試料用)



(d) 2リットル・マリネリ容器 (M)

(生乳その他の大容量試料用)

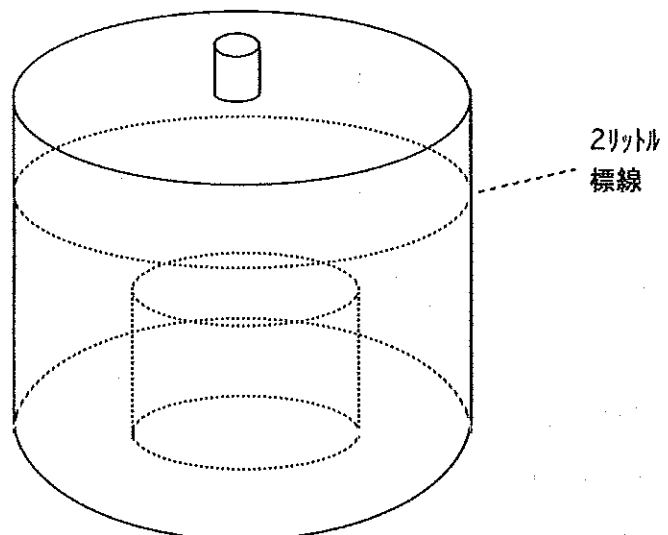


図-1 Ge半導体検出器による γ 線スペクトロ
メトリー用試料形状と略称

表-1 Ge 半導体検出器の主な性能

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

* No. 4 Ge のエンドキャップ材は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		2003. 3. 31 ~2003. 5. 1	2003. 5. 1 ~2003. 6. 2	2003. 6. 2 ~2003. 7. 1	2003. 7. 1 ~2003. 8. 1	2003. 8. 1 ~2003. 9. 1	2003. 9. 1 ~2003. 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		03F00019* (注1)	03F00045*	03F00072*	03F00090*	03F00108*	03F00116*
放射能	Be-7	187±1	64.3±0.6	77.0±0.6	238±1	173±1	68.9±0.6
	K-40	1.1±0.2	1.1±0.2	0.88±0.22	0.56±0.15	0.86±0.22	— (注2)
	Pb-210	32.7±0.4	8.9±0.2	15.2±0.3	31.5±0.3	31.3±0.4	12.2±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)		3.4	2.8	2.5	1.9	2.2	1.4
Ge 検出器番号		3	3	3	2	3	3
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 (*) が付いている試料は、Be-7、K-40、Cs-137 及び蒸発残渣量の値を既に「女川原子力発電所 環境放射能及び排水調査結果 (平成15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 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		2003. 10. 1 ~2003. 12003	2003. 12003 ~2003. 12. 2	2003. 12. 2 ~2003. 12. 26	2003. 12. 26 ~2004. 2. 2	2004. 2. 2 ~2004. 3. 1	2004. 3. 1 ~2004. 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		03F00124*	03F00152*	03F00158*	03F00169*	03F00186*	03F00200*
放射能	Be-7	134.6±0.9	157±1	33.2±0.4	28.4±0.4	44.9±0.6	56.4±0.5
	K-40	0.92±0.23	0.85±0.22	0.94±0.23	1.4±0.2	4.2±0.2	2.8±0.2
	Pb-210	14.9±0.3	25.2±0.3	6.5±0.2	10.4±0.2	11.4±0.2	14.0±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)		1.8	2.1	3.0	4.9	9.2	6.8
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

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	2003. 3. 31 ~2003. 5. 1	2003. 5. 1 ~2003. 6. 2	2003. 6. 2 ~2003. 7. 1	2003. 7. 1 ~2003. 8. 1	2003. 8. 1 ~2003. 9. 1	2003. 9. 1 ~2003. 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	03F00020*	03F00046*	03F00073*	03F00091*	03F00109*	03F00117*	
放射能	Be-7	114.9±0.8	68.9±0.7	124.8±0.8	170±1	134.8±0.9	49.5±0.5
	K-40	1.7±0.2	1.9±0.3	0.87±0.17	1.0±0.2	1.4±0.2	0.89±0.17
	Pb-210	18.4±0.3	18.4±0.3	18.2±0.3	30.1±0.4	24.9±0.3	7.4±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)	4.2	4.2	2.4	2.8	2.3	2.2	
Ge 検出器番号	2	2	2	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 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	2003. 10. 1 ~2003. 12. 03	2003. 12. 03 ~2003. 12. 2	2003. 12. 2 ~2003. 12. 26	2003. 12. 26 ~2004. 2. 2	2004. 2. 2 ~2004. 3. 1	2004. 3. 1 ~2004. 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	03F00125	03F00153*	03F00159*	03F00170*	03F00187*	03F00201*	
放射能	Be-7	58.7±0.6	75.8±0.7	34.5±0.5	32.6±0.5	51.8±0.6	31.9±0.4
	K-40	5.03±0.30	7.0±0.3	0.88±0.22	1.0±0.2	1.42±0.19	1.5±0.2
	Pb-210	9.3±0.2	11.2±0.2	9.5±0.2	12.5±0.3	22.1±0.3	11.9±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)	3.5	3.1	1.8	3.0	3.9	3.9	
Ge 検出器番号	3	3	3	3	3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	対照地点						

(注) 保健環境センターの採取地点は、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	2003. 3. 28 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 9. 30	2003. 9. 30 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 3. 30	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	03F00068*	03F00094*	03F00161*	03F00205*	
放射能	Be-7	171±2	347±2	179±2	86±1
	K-40	2.6±0.7	2.2±0.7	3.7±0.7	3.9±0.6
	Pb-210	46.8±0.8	91±1	40.7±0.8	40.5±0.7
	Cs-137	—	—	—	(0.11) (注)
	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)	8.1	6.9	3.6	11.3	
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	

(注) 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-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	2003. 3. 28 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 9. 30	2003. 9. 30 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 3. 30	
採取月	4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分	
試料番号	03F00067*	03F00093*	03F00160*	03F00204*	
放射能	Be-7	131±1	353±2	205±2	89±1
	K-40	2.0±0.7	3.6±0.7	—	2.2±0.4
	Pb-210	48.8±0.8	111±1	42.6±0.7	32.1±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)	7.1	10.1	4.7	5.4	
Ge 検出器番号	3	3	2	2	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	

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MS)			
採取期間		2003. 3. 28 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 9. 30	2003. 9. 30 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 3. 30
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		03F00069*	03F00 95*	03F00162*	03F00206*
放射能	Be- 7	161±2	217±2	117±2	65±1
	K - 40	—	6.0±0.6	11.1±0.9	—
	Pb-210	53.7±0.9	57.4±0.8	27.2±0.7	36.6±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)		5.1	13.6	10.7	5.3
Ge 検出器番号		3	2	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000

表一 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		2003. 3. 28 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 10. 9	2003. 10. 9 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 3. 30
採取月		4~6月分	7~9月分	10~12月分	1~3月分
試料番号		03F00070	03F00096	03F00163	03F00207
放射能	Be- 7	201±2	205±3	184±2	98.7±0.6
	K - 40	4.3±0.7	3.3±0.7	3.4±0.5	16.2±0.3
	Pb-210	55.0±0.9	60.2±0.9	43.3±0.7	42.0±0.3
	Cs-137	—	—	—	0.066±0.013
	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)		13.1	8.6	8.4	37.9 (注)
Ge 検出器番号		3	3	2	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000

(注) 1~3月分の残渣量が多い理由は、付近で行われた道路工事の影響のため。

表-10 短期間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)						
採取期間	2004. 3. 11 21:20 ~2004. 3. 12 18:00	2004. 3. 12 18:30 ~2004. 3. 15 18:30	2004. 3. 15 18:30 ~2004. 3. 19 19:30	2004. 3. 19 20:30 ~2004. 3. 26 20:30	2004. 3. 26 20:30 ~2004. 3. 31 18:00	2004. 3. 31 18:00 ~2004. 4. 9 13:00	
試料番号	03F00192*	03F00193*	03F00198*	03F00202*	03F00203*	04F00001*	
放射能	Be-7	0.59±0.04	1.14±0.06	10.4±0.2	3.6±0.1	20.0±0.3	63.1±0.5
	K-40	0.79±0.06	0.25±0.06	—	—	0.58±0.1	0.36±0.10
	Pb-210	0.40±0.03	0.87±0.04	1.52±0.08	1.57±0.08	3.8±0.1	11.9±0.2
	Cs-137	— (<0.0092)*1	— (<0.0091)*2	— (<0.0097)*3	— (<0.0091)*4	0.0083±0.0013 *5	0.011±0.002 *6
	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)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
蒸発残渣量(g/m ²)	1.6	0.75	0.58	0.82	2.1	1.4	
Ge検出器番号	2	3	3	3	3	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	250000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	*1 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定	*2 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定	*3 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定	*4 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定	*5 Cs-137は No. 1Geで50万 秒測定	*6 Cs-137は No. 2Geで50万 秒測定	

(注) 短期間降下物は地表付近にプラスチック製のタライを4個ずつ置いて採取したものである。また、Cs-137の欄のカッコ内の不等号を付けた値は検出下限値を示す(表-12まで同様)。

表-11 短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(原子力センター)						
採取期間	2004. 4. 9 13:00 ~2004. 4. 12 18:30	2004. 4. 12 18:30 ~2004. 4. 16 17:00	2004. 4. 16 17:00 ~2004. 4. 20 16:15	2004. 4. 20 16:15 ~2004. 4. 23 18:20	2004. 4. 23 18:20 ~2004. 4. 28 20:00	2004. 4. 28 20:00 ~2004. 5. 6 17:50	
試料番号	04F00009*	04F00010*	04F00011*	04F00012*	04F00028*	04F00048*	
放射能	Be-7	1.08±0.04	0.78±0.04	27.3±0.2	9.4±0.1	227±0.4	17.9±0.2
	K-40	—	0.23±0.06	0.75±0.07	—	0.59±0.05	—
	Pb-210	0.39±0.05	0.40±0.03	4.22±0.06	2.73±0.05	15.7±0.2	2.51±0.04
	Cs-137	— (<0.0093)*1	— (<0.0099)*2	0.011±0.001 *3	0.013±0.003 *4	0.014±0.002 *5	0.011±0.002
	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)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
蒸発残渣量(g/m ²)	0.39	0.35	2.2	2.3	1.5	0.49	
Ge検出器番号	2	2	3	4	3	1	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	250000	
備考	*1 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定	*2 Cs-137は No. 4Geで50万 秒測定	*3 Cs-137は No. 1Geで40万 秒測定	*4 Cs-137は No. 1Geで16万 秒測定	*5 Cs-137は No. 1Geで25万 秒測定		

表-12 短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	2004. 5. 6 17:50	~2004. 5. 18 14:30	~2004. 6. 4 14:00 (注)	~2004. 6. 14 14:00	~2004. 6. 25 10:50	~2004. 7. 5 14:30	
	~2004. 5. 18 14:30	~2004. 5. 26 15:30	~2004. 6. 14 14:00	~2004. 6. 25 10:50	~2004. 7. 5 14:30	~2004. 7. 16 16:00	
試料番号	04F00049	04F00056	04F00075	04F00076	04F00100	04F00103	
放射能	Be-7	55.3±0.5	141±1	67.6±0.7	41.6±0.7	48.6±0.8	56.3±0.8
	K-40	1.18±0.05	0.71±0.09	—	—	—	—
	Pb-210	4.92±0.04	14.3±0.1	6.2±0.1	7.4±0.1	6.6±0.1	10.5±0.2
	Cs-137	0.010±0.001 *1	— (<0.0096) *2	— (<0.017) *3	— (<0.0099) *4	— (<0.010) *5	— (<0.0083) *6
	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)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
蒸発残渣量(g/m ²)	1.6	1.5	0.60	0.95	0.51	0.83	
Ge 検出器番号	2	2	3	4	2	3	
測定時間 (ライブタイム; 秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	
備考	*1 Cs-137 は No. 1 Ge で 50 万秒測定	*2 Cs-137 は No. 4 Ge で 50 万秒測定	*3 Cs-137 は No. 3 Ge で 25 万秒測定	*4 Cs-137 は No. 1 Ge で 25 万秒測定	*5 Cs-137 は No. 3 Ge で 50 万秒測定	*6 Cs-137 は No. 2 Ge で 50 万秒測定	

(注) 2004. 5. 26~2004. 6. 4 分の試料は未測定。

表-13 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	2003. 11. 11	
試料番号	03VG0140*	
放射能	Be-7	—
	K-40	29.6±0.2
	Pb-210	—
	Cs-137	(0.0079)
	単位	Bq/kg生
試料量(kg生)	9.79 (注)	
灰分 (%)	0.498	
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-14 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	2003.11.1	2003.11.1	2003.11.1	2003.11.1	
試料番号	03VG0138*	03VG0139*	03VG0136*	03VG0137*	
放射能	Be-7	0.18±0.04	9.3±0.1	0.125±0.03	7.59±0.09
	K-40	82.3±0.3	100.2±0.4	61.5±0.2	81.2±0.4
	Pb-210	—	2.11±0.09	—	1.88±0.08
	Cs-137	—	—	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	6.75	3.29	8.36	3.33	
灰分(%)	0.666	1.36	0.538	1.35	
Ge検出器番号	2	3	3	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考					

表-15 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		牡鹿町寄磯		
採取月日	2003.7.7	2004.1.8	2003.7.7	2004.1.8	
試料番号	03LW0083*	03LW0166*	03LW0084*	03LW0167*	
放射能	Be-7	—	—	—	
	K-40	20±4	14±4	26±6	
	Pb-210	—	—	—	14±2
	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	2	3	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	
備考					

表-16 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		2003. 6. 18		2003. 6. 16	
試料番号		03S0056*		03LS0055*	
放射能 (注2)	Be-7	—	—	—	—
	K-40	24100±400	523±8	8500±200	251±7
	Pb-212	1580±30	37.8±0.7	920±30	22±5
	Pb-214	1180±40	28±1	500±40	13.2±0.8
	Cs-137	270±10	6.4±0.3	169±9	3.9±0.3
	単位	Bq/m ²	Bq/kg 乾土	Bq/m ²	Bq/kg 乾土
試料量		20.8 cm ²	0.0963 kg	20.5 cm ²	0.0780 kg
Ge検出器番号		3		3	
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。

表-17 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		2003. 3. 28 ~2003. 4. 30	2003. 4. 30 ~2003. 5. 30	2003. 5. 30 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 7. 28	2003. 7. 28 ~2003. 8. 29	2003. 8. 29 ~2003. 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		03AE0015*	03AE0042*	03AE0065*	03AE0087*	03AE0105*	03AE0118*
放射能	Be-7	3.64±0.09	4.5±0.1	2.89±0.08	1.09±0.08	1.83±0.08	3.14±0.09
	K-40	—	—	—	—	—	—
	Pb-210	0.98±0.06	0.81±0.07	0.62±0.06	—	0.61±0.06	0.85±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)		1120	1061	1191	1093	1219	1196
Ge検出器番号		2	3	2	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-18 浮遊じんの核種分析結果(2)

試料名		浮遊じん					
		-					
採取地点		女川町(女川MS)					
採取期間		2003. 9. 30 ~2003. 11. 4	2003. 11. 4 ~2003. 12. 1	2003. 12. 1 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 1. 29	2004. 2. 3 ~2004. 2. 27	2004. 2. 27 ~2004. 3. 30
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			03AE0149*	03AE0164*		03AE0194*	03AE0208*
放射能	Be-7		3.2±0.1	3.3±0.1		3.9±0.1	4.18±0.09
	K-40		—	0.36±0.08		0.37±0.09	0.26±0.06
	Pb-210		0.81±0.08	0.94±0.08		1.54±0.09	1.25±0.05
	Cs-137		—	—		—	—
	単位		mBq/m ³	mBq/m ³		mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)			950	844		812	1060
Ge検出器番号			3	2		2	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)			80000	80000		80000	80000
備考		欠測(注)			欠測(注)	1/29~2/3の 期間・未捕集	

(注) 10月分はろ紙装着不良のため、また1月分は集じん部パッキン劣化による装置不具合のため欠測。

表-19 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		2003. 3. 28 ~2003. 4. 30	2003. 4. 30 ~2003. 5. 30	2003. 5. 30 ~2003. 6. 30	2003. 6. 30 ~2003. 7. 28	2003. 7. 28 ~2003. 8. 29	2003. 8. 29 ~2003. 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		03AE0016*	03AE0043*	03AE0066*	03AE0088*	03AE0106*	03AE0119*
放射能	Be-7	4.1±0.1	5.4±0.2	3.14±0.08	1.39±0.08	2.04±0.07	3.6±0.1
	K-40	—	—	—	—	—	—
	Pb-210	1.21±0.08	0.76±0.06	0.84±0.06	0.24±0.06	0.64±0.06	0.75±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)		1172	1116	1270	1177	1329	1326
Ge検出器番号		3	2	3	3	3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000	80000	80000	80000
備考							

表-20 浮遊じんの核種分析結果 (4)

試料名		浮遊じん					
		牡鹿町 (餃浦MS)					
採取地点		牡鹿町 (餃浦MS)					
採取期間		2003. 9. 30 ~2003. 11. 4	2003. 11. 4 ~2003. 12. 1	2003. 12. 1 ~2003. 12. 25	2003. 12. 25 ~2004. 1. 29	2004. 1. 29 ~2004. 2. 27	2004. 2. 27 ~2004. 3. 30
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		03AE0133*	03AE0150*	03AE0165*		03AE0195*	03AE0209*
放射能	Be-7	4.31±0.09	5.3±0.1	3.9±0.1		5.5±0.2	6.6±0.1
	K-40	—	—	—		—	0.32±0.09
	Pb-210	1.12±0.06	1.17±0.07	1.33±0.08		2.3±0.1	1.99±0.07
	Cs-137	—	—	—		—	—
	単位	mBq/m ³	mBq/m ³	mBq/m ³		mBq/m ³	mBq/m ³
試料量(m ³)		1401	1070	906		810	921
Ge 検出器番号		3	3	3		3	3
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000	80000		80000	80000
備考					欠測 (注)		

(注) 1月分は集じん部パッキン劣化による装置不具合のため欠測。

表-21 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		2003. 7. 7	2003. 7. 2
試料番号		03IL0082*	03IL0077*
放射能	Be-7	55.8±0.4	49.6±0.3
	K-40	236.1±0.9	224.3±0.8
	Pb-210	10.8±0.2	15.3±0.2
	Cs-137	—	0.052±0.009
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.87	2.27
灰分 (%)		2.40	1.97
Ge 検出器番号		3	2
測定時間 (ライブタイム; 秒)		80000	80000
備考			対照地点

表-22 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	2003. 8. 1	
試料番号	03MP0092*	
放射能	Be-7	—
	K-40	132.6±0.6
	Pb-210	0.27±0.04 *1
	Cs-137	0.082±0.009
	単位	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.99	
灰分(%)	2.27	
Ge検出器番号	3	
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	
備考	*1 Pb-210はNo.4 Ge で測定	

表-23 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	2003. 6. 9	2003. 6. 9	2003. 11. 5		
試料番号	03MP0050*	03MP0051*	03MP0126*	03MP0127	
放射能	Be-7	4.5±0.2	5.6±0.1	0.50±0.07	5.2±0.2
	K-40	110.6±0.8	81.1±0.5	73.7±0.5	80.2±0.6
	Pb-210	0.62±0.12	0.95±0.10	0.38±0.10	4.5±0.2
	Cs-137	(0.034)	—	(0.023)	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.80	1.90	2.01	1.45	
灰分(%)	2.51	2.37	2.23	3.10	
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-24 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		2003. 11. 11	2003. 11. 26	2003. 11. 11	2003. 11. 13
試料番号		03MP0134*	03MP0147*	03MP0135*	03MP0142*
放射能	Be-7	2.9±0.1	1.9±0.1	2.9±0.1	2.2±0.1
	K-40	74.6±0.5	79.5±0.5	72.4±0.5	78.6±0.5
	Pb-210	3.7±0.1	4.0±0.1	4.1±0.1	3.5±0.1
	Cs-137	(0.023)	—	(0.023)	0.027±0.008
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.81	1.84	1.71	1.73
灰分(%)		2.50	2.44	2.64	2.60
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-25 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		2003. 4. 28	2003. 5. 30	2003. 4. 28	2003. 5. 30
試料番号		03MP0014*	03MP0038	03MP0013*	03MP0037
放射能	Be-7	—	—	—	—
	K-40	164.1±0.9	179.2±0.9	188±1	200±1
	Pb-210	—	—	—	—
	Cs-137	—	—	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.29	1.18	1.17	1.11
灰分(%)		3.50	3.83	3.86	4.06
Ge検出器番号		2	2	3	2
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備考					

表-26 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		2003. 5. 12	2003. 11. 20	2003. 5. 20	2003. 11. 21	2003. 10. 14
試料番号		03SW0032*	03SW0143*	03SW0034*	03SW0145*	03SW0122*
放射能	Cs-137	1.6±0.4	2.2±0.4	1.6±0.5	2.2±0.5	2.3±0.4
	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	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

表-27 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		2003. 5. 12	2003. 11. 20	2003. 5. 20	2003. 11. 21	2003. 10. 14
試料番号		03SS0033*	03SS0144*	03SS0035*	03SS0146*	03SS0121*
放射能	Be-7	—	5.4±1.5	—	—	—
	K-40	476±7	456±6	550±8	563±8	324±6
	Pb-212	13.5±0.4	15.9±0.4	20.1±0.5	19.2±0.6	12.0±0.4
	Pb-214	21.8±0.7	11.8±0.5	9.8±0.8	24.5±0.8	8.0±0.5
	Cs-137	—	—	1.6±0.2	1.6±0.2	0.70±0.18
	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)		134	139	106	114	106
Ge 検出器番号		3	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

表-28 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	2003. 5. 30	2003. 8. 7	2003.11. 6	2004. 2. 5	2003. 5. 30	2003. 8. 7
試料番号	03IS0040*	03IS0101*	03IS0128*	03IS0171*	03IS0039*	03IS0103*
放射能	Be-7	—	—	1.0±0.2	—	—
	K-40	362±1	372±2	371±2	439±2	316±1
	Pb-210	—	—	—	—	—
	Cs-137	—	(0.059)	0.093±0.021	—	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	1.00	0.945	0.867	0.903	1.06	1.06
灰分(%)	4.49	4.77	5.22	4.98	4.23	4.26
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-29 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	2003.11. 6	2004. 2. 5	2003. 5. 30	2003. 8. 7	2003.11. 6	2004. 2. 5
試料番号	03IS0130*	03IS0173*	03IS0041*	03IS0102*	03IS0129*	03IS0172*
放射能	Be-7	1.2±0.2	—	—	(0.82)	0.79±0.19
	K-40	353±2	457±2	313±1	326±1	363±2
	Pb-210	—	—	—	—	—
	Cs-137	(0.062)	—	—	0.072±0.018	0.083±0.020
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)	0.929	0.895	1.06	0.980	0.924	0.823
灰分(%)	4.84	5.03	4.23	4.60	4.87	5.46
Ge検出器番号	3	2	3	3	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)	80000	80000	80000	80000	80000	80000
備 考						

表-30 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		2003. 4. 30	2003. 6. 12	2003. 9. 11	2003. 12. 11
試料番号		03IS0017*	03IS0052*	03IS0114*	03IS0155*
放射能	Be- 7	3.3±0.2	3.6±0.2	8.3±0.1	2.3±0.1
	K - 40	92.7±0.6	90.2±0.7	80.6±0.5	73.8±0.7
	Pb-210	3.0±0.1	3.0±0.2	4.6±0.1	5.9±0.2
	Cs-137	—	—	0.029±0.007	—
	単位	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生	Bq/kg生
試料量(kg生)		1.58	1.35	2.08	1.43
灰分 (%)		2.85	3.33	2.17	2.60
Ge 検出器番号		2	3	3	3
測定時間 (ライブタイム;秒)		80000	80000	80000	80000
備 考					

(2) ^{90}Sr 分析結果

表-31 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	15.11.11	0.0089±0.0013	Bq/kg生	0.058	0.15±0.02	03VG0140
よもぎ	葉	谷川	15.7.7	0.231±0.006	Bq/kg生	2.3	0.101±0.003	03IL0082
よもぎ	葉	岩出山 (対照地点)	15.7.2	0.455±0.005	Bq/kg生	1.4	0.332±0.006	03IL0077
あいなめ	肉	前面海域	15.8.1	0.011±0.003	Bq/kg生	2.5	0.004±0.0014	03MP0092
かき	除殻	飯子浜	15.11.11	—	Bq/kg生	0.52	—	03MP0134
かき	除殻	気仙沼	15.11.13	—	Bq/kg生	0.45	—	03MP0142
ほや	肉	小屋取	15.6.9	—	Bq/kg生	0.21	—	03MP0050
わかめ	除根	シウリ崎	15.5.30	0.018±0.005	Bq/kg生	1.1	0.016±0.004	03MP0037
あらめ	除根	シウリ崎	15.8.7	0.034±0.007	Bq/kg生	2.1	0.016±0.003	03IS0101
あらめ	除根	シウリ崎	16.2.5	0.029±0.007	Bq/kg生	1.8	0.016±0.004	03IS0171

(3) ^3H 分析結果

表-32 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	15. 7. 7	—	mBq/l	03LW0083
			16. 1. 8	—		03LW0166
		寄磯	15. 7. 7	490±140		03LW0084
			16. 1. 8	910±230		03LW0167
海水	表層水	放水口付近	15. 5. 12	—		03SW0032
			15. 11. 13	—		03SW0143
		気仙沼湾	15. 10. 14	—	03SW0122	

(4) 文部科学省委託調査結果

表一33 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			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	
降水物	雨水・ちり	宮城県原子力センター	12	ND	ND	ND ~ 0.135	ND	4.5	ND ~ 5.5	MBq/km ²
陸水	蛇口水	宮城県保健環境センター	1	ND	ND	ND ~ 0.252	17	17	18 ~ 36.7	mBq/l
土壌	0 ~ 5 cm	宮城県 岩出山町	1	4.2	4.2	4.3 ~ 6.9	260	260	180 ~ 245	Bq/kg 乾土
	5 ~ 20 cm	宮城県 岩出山町	1	170	170	160 ~ 225	10000	10000	6790 ~ 9663	MBq/km ²
精米	米	宮城県 石巻市	1	2.8	2.8	0.80 ~ 3.9	270	270	202 ~ 254	Bq/kg 乾土
				530	530	138 ~ 694	52000	52000	34420 ~ 44804	MBq/km ²
野菜	大根 ほうれん草	宮城県 利府町	1	ND	ND	ND ~ 0.077	28	28	23 ~ 37.4	Bq/kg 精米
				0.019	0.019	ND ~ 0.11	88	88	36.3 ~ 108	Bq/kg 生
				ND	ND	ND ~ 0.029	220	220	122 ~ 350	Bq/kg 生
牛乳	原乳 市販乳	宮城県 畜産試験場 宮城県 利府町	6 1	ND	ND	ND ~ 0.047	48	51	44.3 ~ 63.1	Bq/l
				ND	ND	ND ~ 0.062	47	47	41.1 ~ 59.1	Bq/l
日産水産物	常食 かい	宮城県 石巻市 宮城県 利府町	2 1	ND	0.024	0.024 ~ 0.12	71	74	45.1 ~ 88	Bq/人・日
		宮城県 利府町	1	0.063	0.063	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-34 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	UB

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、3.0mm
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)				
03Fo0018	2003/03/31:2003/05/01	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	103.0	47.05	47.05	
03Fo0044	2003/05/01:2003/06/02	32	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	40.5	25.20	25.20	
03Fo0071	2003/06/02:2003/07/01	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	83.0	56.10	56.10	
03Fo0089	2003/07/01:2003/08/01	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	497.5	210.0	210.0	
03Fo0107	2003/08/01:2003/09/01	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	147.5	79.05	79.05	
03Fo0115	2003/09/01:2003/10/01	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	76.5	36.89	36.89	
03Fo0123	2003/10/01:2003/11/05	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	60.5	31.75	31.75	
03Fo0151	2003/11/05:2003/12/02	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	162.0	111.37	111.37	
03Fo0157	2003/12/02:2003/12/26	24	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	30.5	38.40	38.40	
03Fo0168	2003/12/26:2004/02/02	38	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	18.0	44.21	44.21	
03Fo0185	2004/02/02:2004/03/01	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	37.0	38.80	38.80	
03Fo0199	2004/03/01:2004/04/01	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	22.5	20.50	20.50	

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)	
03Fo0018	2003/05/23	80000	180 ± 1.0	1.7 ± 0.24	N.D	
03Fo0044	2003/06/27	80000	61 ± 0.60	0.87 ± 0.063	N.D	
03Fo0071	2003/09/19	80000	77 ± 1.0	N.D	N.D	
03Fo0089	2003/09/20	80000	230 ± 1.3	N.D	N.D	
03Fo0107	2003/09/30	80000	170 ± 1.0	0.79 ± 0.23	N.D	
03Fo0115	2003/11/30	80000	70 ± 0.82	N.D	N.D	
03Fo0123	2003/12/01	80000	130 ± 0.86	0.70 ± 0.23	N.D	
03Fo0151	2004/01/09	80000	160 ± 1.0	N.D	N.D	
03Fo0157	2004/01/16	80000	30 ± 0.43	1.8 ± 0.24	N.D	
03Fo0168	2004/02/27	80000	26 ± 0.42	1.7 ± 0.24	N.D	
03Fo0185	2004/04/21	80000	48 ± 0.62	4.5 ± 0.24	N.D	
03Fo0199	2004/04/22	80000	54 ± 0.54	2.6 ± 0.23	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-36 土壌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

試料番号	試料名	採取年月日	試料採取場所		採取層 (cm)	採取法	採取面積 (cm ²)	採取全量 (g)	乾燥 細土 [*] (g)	測定試料 形態	供試量 (g)	備考
			住所	緯度 (度分秒)								
03LS0112	未耕地	2003/09/10	宮城県玉造郡岩出山町	岩出山城跡	0~5	採土器	402.1	2619.7	1607.58	乾燥	83.14	
03LS0113	未耕地	2003/09/10	宮城県玉造郡岩出山町	岩出山城跡	5~20	採土器	157.1	4146.8	2990.72	乾燥	101.06	

試料番号	測定年月日	測定時間 (sec)	核種別放射能濃度					
			Be-7		K-40		Cs-137	
			(Bq/kg乾土)	(MBq/km ²)	(Bq/kg乾土)	(MBq/km ²)	(Bq/kg乾土)	(MBq/km ²)
03LS0112	2003/10/04	80000	N.D	N.D	260 ± 6.8	10000 ± 270	4.2 ± 0.35	170 ± 14
03LS0113	2003/10/05	80000	N.D	N.D	270 ± 6.2	52000 ± 1200	2.8 ± 0.26	530 ± 50

* : 2 mmフルイ通過後の全量計数値がその計数器の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(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)又はマリネリピナーカ(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		灰分	供試量 (g)	備考
					住所		経度 度分秒	緯度 度分秒			
03VG0141	穀類	米	精米	2003/11/07	宮城県石巻市井内		141:17:48	38:26:45	—	1762	
03VG0074	葉菜類	ほうれんそう	葉	2003/07/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1		140:59:06	38:19:40	1.96	71.0	
03VG0110	根菜類	だいこん	根	2003/09/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1		140:59:06	38:19:40	0.631	28.2	
03MP0075	魚類	かれい	全体	2003/07/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目4-1		140:59:06	38:19:40	3.82	89.5	

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)	
03VG0141	2004/01/14	80000	N.D	28 ± 0.50	N.D	
03VG0074	2003/09/22	80000	N.D	220 ± 0.83	N.D	
03VG0110	2003/10/03	80000	0.26 ± 0.062	88 ± 0.43	0.019 ± 0.006	
03MP0075	2003/09/23	80000	N.D	100 ± 0.72	0.063 ± 0.012	

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-39 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)			
03M10085	牛乳	原乳	2003/07/16	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10104	牛乳	原乳	2003/08/10	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10111	牛乳	原乳	2003/09/10	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10120	牛乳	原乳	2003/10/10	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10131	牛乳	原乳	2003/11/06	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10154	牛乳	原乳	2003/12/03	宮城県玉造郡岩出山町	宮城県畜産試験場	生	2.00	
03M10076	牛乳	市販乳	2003/07/01	宮城県宮城県利府町中央三丁目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
03M10085	2003/07/16	80000	N.D	50 ± 0.60	N.D	N.D
03M10104	2003/08/10	80000	N.D	48 ± 0.59	N.D	N.D
03M10111	2003/09/10	80000	N.D	50 ± 0.60	N.D	N.D
03M10120	2003/10/10	80000	N.D	51 ± 0.61	N.D	N.D
03M10131	2003/11/06	80000	N.D	50 ± 0.60	N.D	N.D
03M10154	2003/12/03	80000	N.D	50 ± 0.60	N.D	N.D
03M10076	2003/07/01	80000	N.D	47 ± 0.59	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 21 巻 2003年

平成 16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
