

[ノート]

## 兵庫県における環境放射能調査

## —福島第一原子力発電所事故前後の2009～2011年度の結果—

吉岡 直樹\* 前田 絵理 三橋 隆夫

Environmental Radioactivity Survey in Hyogo Prefecture  
from FY 2009 to 2011

Naoki YOSHIOKA\*, Eri MAEDA and Takao MITSUHASHI

*Life Science Division, Public Health Science Research Center, Hyogo Prefectural Institute of Public Health and Consumer Sciences, 2-1-29, Arata-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan*

We report the results of the environmental radioactivity survey in Hyogo Prefecture from FY 2009 to 2011. Iodine-131 (<sup>131</sup>I), Caesium-134 (<sup>134</sup>Cs) and Caesium-137 (<sup>137</sup>Cs) were detected in some airborne dust and fallout samples collected in March 2011 to September 2011. These artificial radionuclides seemed to be released from the Fukushima Nuclear Power Plant accident. The air radiation dose rates measured at the monitoring post and by the survey meter were the same level as before the accident.

## I はじめに

兵庫県では1961年より、当時の科学技術庁（現文部科学省）からの委託を受け、環境中の放射能調査を実施している。本調査は、1954年のビキニ環礁における米国の核爆発実験を契機として、放射性降下物の調査として開始された。その後、米国・ソ連・中国等の大気圏内核爆発実験、1986年のチェルノブイリ原発事故等を経て測定項目が追加された。現在では、文部科学省委託「環境放射能水準調査」として、全都道府県で実施されている。

2011年3月に発生した東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下“原発事故”とする）により環境中へ放射性物質が放出されたことから、文部科学省のモニタリング強化の指示を受け、兵庫県においても調査体制を強化した。

本報告では、原発事故の前後の期間である2009年度

から3年間の環境放射能調査結果について報告する。

## II 方法

## 1. 調査対象項目および試料

1.1 全ベータ放射能：降水（定時降水）（2011年3月18日～12月27日は除く）

1.2 ガンマ線核種分析：大気浮遊塵、降下物、蛇口水、土壌、精米、野菜（大根およびホウレン草）、牛乳、海産生物（イカナゴ）

1.3 空間放射線量率：モニタリングポストおよびサーベイメータによる測定

表1に各試料の採取場所、採取時期および試料数を示した。

## 2. 測定方法

文部科学省「環境放射能水準調査委託実施計画書」<sup>1)</sup> および文部科学省放射能測定法シリーズに準拠した。

## 2.1 全ベータ放射能

文部科学省「全ベータ放射能測定法」<sup>2)</sup>に従い、降水量1mm以上の日に降水採取装置（受水面積499cm<sup>2</sup>）

健康科学部

\*別刷請求先：〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町2-1-29

兵庫県立健康生活科学研究所 健康科学研究センター

健康科学部 吉岡 直樹

表1 各試料の採取場所、採取時期および試料数

測定項目	試料名	採取場所	採取時期	試料数/年	
全ベータ放射能	降水(定時降水)	神戸市	1mm以上の降雨日毎	81, 70, 18	
	大気浮遊塵	神戸市	4月から3ヶ月毎	4	
		豊岡市		4	
	降下物	神戸市	毎月	12	
	蛇口水	神戸市	毎年6月	1	
ガンマ線核種分析	土壌	0~5cm層	加西市	毎年8月	1
		5~20cm層		1	
	精米	加西市	毎年9月~10月	1	
	野菜	大根	加西市	毎年11月~12月	1
		ハウレン草			1
	牛乳	南あわじ市	毎年8月	1	
	海産生物	イカナゴ	神戸市	毎年4月	1

から降水 100 mL (100 mL 以下の場合は全量) を採取し、ヨウ化ナトリウム水溶液、硝酸銀水溶液および硝酸を加え加熱濃縮し、ステンレス試料皿上で乾固した。これを低バックグラウンド放射能自動測定装置 (アロカ製 LBC-472-Q) により八酸化三ウラン ( $U_3O_8$ ) を比較試料として測定した。

## 2.2 ガンマ線核種分析

文部科学省「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」<sup>3)</sup>に従い、以下の試料を調製した。

大気浮遊塵は、ハイボリュームエアサンプラー (柴田科学 HV-1000F) を用いて、毎月 2 回、流速 72 m<sup>3</sup>/h で 24 時間大気を吸引し (3 ヶ月間で約 10,000 m<sup>3</sup>)、大気中の塵等を濾紙 (東洋濾紙 HE-40T) 上に捕集した。この 3 か月分の濾紙を円形に打ち抜き、U8 容器 (ポリプロピレン製) に詰めたものを測定用試料とした。

降下物は、1 ヶ月間に地表に降下した降水および塵等を大型水盤 (受水面積 4,927 cm<sup>2</sup>) に採取し、また蛇口水は水道水 100 L を採取し、それぞれ濃縮して U8 容器中で乾固したものを試料とした。

土壌は、未耕地から上層部 (深度 0~5 cm)、下層部 (深度 5~20 cm) に分けて採取し、105°C で乾燥した後、2 mm のふるいを通過し U8 容器に詰めたものを試料とした。

精米および牛乳は、処理をせず 2 L マリネリ容器に詰めたものを試料とし、野菜および海産生物は炭化後、電気炉で 450°C、24 時間灰化したものを乳鉢で磨砕し、0.35 mm のふるいを通過して U8 容器に詰めたものを試料とした (野菜および海産生物等の灰化した試料については <sup>131</sup>I を測定対象とせず)。

調製した各試料は、文部科学省「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」<sup>4)</sup>に従い、

ゲルマニウム半導体検出器 (CANBERRA 製 GC3018) により 80,000 秒間測定した。

## 2.3 空間放射線量率

空間放射線量率は、兵庫県立健康生活科学研究所 健康科学研究センター (当所) 屋上 (地上 34 m) に設置したモニタリングポスト (アロカ製 MAR-21) により、連続測定を行った。また、地上 1 m での測定は、当所敷地内においてサーベイメータ (アロカ製 TCS-171) により月に 1 回実施し、モニタリング強化期間 (2011 年 6 月 13 日~12 月 27 日) は毎日測定を行った。

## 2.4 モニタリング強化による追加調査

2011 年 3 月 18 日~12 月 27 日の間、以下の試料を測定した。

### 2.4.1 蛇口水

毎日水道水を採取し、2 L マリネリ容器に詰めたものを試料として、ゲルマニウム半導体検出器により 7,200 秒~20,000 秒間測定を行った。

### 2.4.2 定時降下物

降水採取装置により、毎日午前 9 時から翌朝午前 9 時までの降水を採取し (降水がない場合は、装置のロート部分をイオン交換水で洗浄しドライフォルアウトを採取)、U8 容器に詰めたものを試料として、ゲルマニウム半導体検出器により 7,200 秒~20,000 秒間測定を行った。

## III 結果および考察

### 1. 全ベータ放射能

定時降水中の全ベータ放射能測定結果を表 2 に示した (原発事故以降の測定結果を網掛けで示す)。2011 年 3 月 18 日~12 月 27 日までは、文部科学省よりモニタリング強化の指示があり、定時降水をゲルマニウム半導体検出器用試料に供したため、本調査での測定を中断した。

表2 定時降水中の全ベータ放射能測定結果

採取年月	降水量 (mm)	測定 試料数	検出 試料数	放射能濃度 (Bq/L)	月間降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )
2009年4月	71.6	7	4	ND~1.3	29
5月	63.0	5	2	ND~2.3	34
6月	116.5	7	5	ND~2.3	58
7月	219.0	9	1	ND~0.91	11
8月	105.1	5	1	ND~1.4	2.0
9月	24.1	3	1	ND~2.7	3.7
10月	101.1	9	2	ND~1.5	18
11月	152.3	9	0	ND	ND
12月	29.0	5	2	ND~4.2	14
2010年1月	32.8	3	2	ND~1.3	38
2月	55.9	7	3	ND~1.1	17
3月	231.8	12	4	ND~1.7	73
4月	144.1	11	4	ND~1.1	18
5月	170.2	8	2	ND~1.8	12
6月	318.6	9	3	ND~0.93	93
7月	284.0	10	1	ND~1.7	3.3
8月	39.6	3	3	0.63~0.78	29
9月	95.6	5	1	ND~1.5	13
10月	82.2	6	0	ND	ND
11月	49.3	4	2	ND~1.8	14
12月	43.1	4	1	ND~0.77	11
2011年1月	8.6	1	1	0.91	7.3
2月	70.6	5	0	ND	ND
3月 (1~10日)	34.7	3	2	ND~0.89	16
3月 (11~17日)	2.9	1	1	10	22
2011年3月18日~12月27日まで測定中断					
2012年1月	29.5	3	1	ND~2.1	2.0
2月	80.5	7	1	ND~0.69	1.5
3月	96.2	8	0	ND	ND

注) ND: 検出下限値以下(計数値が計数誤差の3倍以下のもの)

2009年4月~2011年3月10日までは、計150降水試料中47試料から全ベータ放射能が検出され、その検出試料中の放射能濃度は0.52~4.2 Bq/Lであった。また、測定中断期間を除く原発事故以降は、19試料中3試料から全ベータ放射能が検出され、最大値は2011年3月16日の10 Bq/Lであったが、2004~2008年度の過去5年間の放射能濃度範囲(ND~9.7 Bq/L)<sup>5)</sup>と比較してほぼ同レベルであった。さらに、最大値を記録した3月16日の降水試料について、ゲルマニウム半導体検出器により核種分析を行ったが、人工放射性核種は検出されなかった。

2. ガンマ線核種分析

表3および表4にゲルマニウム半導体検出器による核種分析測定結果を示した(原発事故以降の試料を含む測定結果を網掛けで示す)。

大気浮遊塵について、原発事故以前の2009~2010年度は<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等の人工放射性核種は検出されなかったが、2011年度は神戸市において4~6月期に<sup>134</sup>Csが0.42 mBq/m<sup>3</sup>、<sup>137</sup>Csが0.43 mBq/m<sup>3</sup>検出され、7~9月期には<sup>137</sup>Csが0.0072 mBq/m<sup>3</sup>検出された。また豊岡

表3 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線核種分析測定結果(大気浮遊塵および降下物)

大気浮遊塵(神戸市)					
年度	採取年月	試料数	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
2009	2009年4月~2010年3月	4	ND	ND	ND
2010	2010年4月~2010年12月	3	ND	ND	ND
	2011年1月~3月	1	ND	ND	ND
2011	2011年4月~6月	1	ND	0.42	0.43
	7月~9月	1	ND	ND	0.0072
	10月~12月	1	ND	ND	ND
	2012年1月~3月	1	ND	ND	ND

(mBq/m<sup>3</sup>)

大気浮遊塵(豊岡市)					
年度	採取年月	試料数	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
2009	2009年4月~2010年3月	4	ND	ND	ND
2010	2010年4月~2010年12月	3	ND	ND	ND
	2011年1月~3月	1	ND	ND	ND
2011	2011年4月~6月	1	ND	0.023	0.027
	7月~9月	1	ND	ND	ND
	10月~12月	1	ND	ND	ND
	2012年1月~3月	1	ND	ND	ND

(mBq/m<sup>3</sup>)

降下物					
年度	採取年月	試料数	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
2009	2009年4月~2010年3月	12	ND	ND	ND
2010	2010年4月~2011年2月	11	ND	ND	ND
	2011年3月	1	0.40	ND	ND
2011	2011年4月	1	7.6	8.5	7.9
	5月	1	ND	0.41	0.39
	6月	1	ND	0.11	0.097
	7月	1	ND	0.067	0.088
	8月	1	ND	ND	0.042
	9月	1	ND	ND	0.036
	10月	1	ND	ND	ND
	11月	1	ND	ND	ND
	12月	1	ND	ND	ND
	2012年1月	1	ND	ND	ND
	2月	1	ND	ND	ND
	3月	1	ND	ND	ND

(MBq/km<sup>2</sup>)

注) ND: 検出下限値以下(計数値が計数誤差の3倍以下のもの)

市においても、4~6月期に<sup>134</sup>Csが0.023 mBq/m<sup>3</sup>、<sup>137</sup>Csが0.027 mBq/m<sup>3</sup>が検出されたが、それ以降は検出下限値以下であった。<sup>131</sup>Iは2011年度も検出されなかった。

降下物についても、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csは原発事故以前の2009年4月~2011年2月までは検出されなかったが、2011年3月分の試料から<sup>131</sup>Iが0.40 MBq/km<sup>2</sup>検出され、翌2011年4月には<sup>131</sup>Iが7.6 MBq/km<sup>2</sup>、<sup>134</sup>Csが8.5 MBq/km<sup>2</sup>、<sup>137</sup>Csが7.9 MBq/km<sup>2</sup>検出された。その後<sup>131</sup>Iについては2011年5月以降、検出下限値以下となったが、<sup>134</sup>Csは7月まで、<sup>137</sup>Csは9月まで検出され、その後は検出下限値以下となった。

蛇口水については、原発事故以前の2009年度および

表4 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線核種分析測定結果（その他の試料）

試料名	年間 試料数	2009年度			2010年度			2011年度			単位
		<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	
蛇口水	1	1.6	ND	ND	0.35	ND	ND	ND	ND	ND	mBq/L
土壌	0~5cm	1	ND	ND	0.75	ND	ND	0.97	ND	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 乾土
	1	ND	ND	25	ND	ND	28	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
		ND	ND	ND	ND	ND	0.79	ND	ND	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 乾土
	5~20cm	1	ND	ND	ND	ND	93	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 乾土	
精米	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 精米	
野菜	大根	1	—	ND	ND	—	ND	ND	—	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 生
	ホウレン草	1	—	ND	ND	—	ND	ND	—	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 生
牛乳	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Bq/L	
海産生物	イカナゴ	1	—	ND	0.048	—	ND	0.049	—	ND	Bq/kg <sup>2</sup> 生

注1) ND: 検出下限値以下(計数値が計数誤差の3倍以下のもの)

注2) “—”は測定対象外を示す

表5 空間放射線量率の測定結果

測定年月	モニタリングポスト (nGy/h)				サーベイメータ (nGy/h)			
	測定数	最低値	最大値	平均値	測定数	最低値	最大値	平均値
2009年4月	30	36	48	38	1	—	—	67
5月	31	36	52	37	1	—	—	70
6月	30	36	53	38	1	—	—	69
7月	31	36	55	38	1	—	—	66
8月	31	36	47	38	1	—	—	69
9月	30	36	55	38	1	—	—	72
10月	31	36	47	38	1	—	—	69
11月	30	36	52	38	1	—	—	69
12月	31	35	48	37	1	—	—	70
2010年1月	31	35	48	37	1	—	—	68
2月	28	35	57	38	1	—	—	67
3月	31	35	55	38	1	—	—	67
4月	30	35	52	37	1	—	—	76
5月	31	35	52	37	1	—	—	69
6月	30	36	52	38	1	—	—	67
7月	31	36	58	38	1	—	—	70
8月	31	36	43	38	1	—	—	65
9月	30	36	51	38	1	—	—	70
10月	31	36	49	38	1	—	—	67
11月	30	36	63	38	1	—	—	69
12月	31	35	54	38	1	—	—	70
2011年1月	31	34	49	36	1	—	—	70
2月	28	35	50	37	1	—	—	68
3月 (~10日)	10	36	50	37	—	—	—	—
3月 (11日~)	21	35	45	37	1	—	—	69
4月	30	35	49	37	1	—	—	72
5月	31	36	56	38	1	—	—	69
6月	30	36	54	38	18	67	74	70
7月	31	36	65	38	31	66	78	70
8月	31	36	52	38	31	63	78	69
9月	30	36	55	38	30	66	80	70
10月	31	36	52	38	31	66	72	70
11月	30	36	45	38	30	66	79	71
12月	31	35	46	37	27	65	76	71
2012年1月	31	35	52	37	1	—	—	73
2月	29	35	53	37	1	—	—	71
3月	31	35	57	37	1	—	—	69

注) 測定値は宇宙線による線量率(約28nGy/h)を含まず

表6 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線核種分析 測定結果 (モニタリング強化)

試料名	採取年月日	試料数	$^{131}\text{I}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	単位
蛇口水	2011年3月18日～12月27日	285	ND	ND	ND	mBq/L
定時降下物	2011年3月18日～12月27日	284	ND	ND	ND	MBq/km <sup>2</sup>

注) ND: 検出下限値以下(計数値が計数誤差の3倍以下のもの)

2010年度の試料から $^{131}\text{I}$ を微量検出したが、事故後の2011年度採取分の試料は検出下限値以下であった。2009年度および2010年度の $^{131}\text{I}$ の検出原因として、サンプリング時期(6月)付近の降下物、大気浮遊塵試料からは $^{131}\text{I}$ が検出されておらず、半減期が短い(約8日)ことから、これらの $^{131}\text{I}$ は原発事故やフォールアウト由来ではないと考えられた。また水源である淀川において $^{131}\text{I}$ が微量検出されている<sup>6,7)</sup>等の報告があることから、医療用等、他の要因によるものと推測された。

土壌については、2009年度の0～5 cm層と2010年度の0～5 cm層および5～20 cm層から過去のフォールアウトの影響と推定される $^{137}\text{Cs}$ が検出されたが、2004～2008年度の過去5年間の放射能濃度範囲(0～5 cm層: ND～26 Bq/kg 乾土, 5～20 cm層: ND～5.5 Bq/kg 乾土)<sup>5)</sup>と比較して同レベルであった。原発事故後の2011年度採取の土壌試料からは、人工放射性核種は検出されなかった。

海産生物(イカナゴ)からは、原発事故以前から微量の $^{137}\text{Cs}$ が検出されているが、これらも2004～2008年度の過去5年間の放射能濃度範囲(ND～0.040 Bq/kg 生)<sup>5)</sup>とほぼ同レベルであった。

その他の精米、野菜、牛乳試料からは、2009～2011年度を通じて人工放射性核種は検出されなかった。

### 3. 空間放射線量率

モニタリングポストおよびサーベイメータによる空間放射線量率を表5に示した(原発事故以降の測定結果を網掛けで示す)。

空間放射線量率は、降雨時において大気中のラドン子孫核種が雨に取り込まれて地表に落下することにより数値の上昇がみられことがあり、変動の要因となる。モニタリングポストの測定値は、原発事故以前が34～63 nGy/hの範囲であり、事故以降も35～65 nGy/hの範囲で変動しており、事故の影響は見られなかった。

また、地上1 mにおけるサーベイメータ測定は、文部科学省委託の環境放射能水準調査では2008年度で終了したため、2009年4月～2011年5月までは県独自で測定した値を示し、2011年6月以降は水準調査での測定値を示した(モニタリング強化期間中は毎日測定)。原発事

故以降のサーベイメータによる線量率も、事故以前の数値とほぼ同様のレベルであった。

### 4. モニタリング強化による追加調査

モニタリング強化期間中の蛇口水および定時降下物試料、それぞれ285および284検体について、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 等の人工放射性核種はすべて検出下限値以下であり、兵庫県においては、原発事故の影響は見られなかった(表6)。

## IV まとめ

本報告は、兵庫県がエネルギー対策特別会計委託事業により文部科学省から受託した「平成21～23年度環境放射能水準調査」の結果をまとめたものである。

2009年～2011年度において、2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故由来と推定される微量の $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ を大気浮遊塵、降下物試料から検出したが、2011年10月以降採取の試料からは検出下限値以下となった。また、その他の試料および空間放射線量率には、事故の影響は見られなかった。

これらの環境試料中の人工放射性核種は微量であり、人体に影響を及ぼすレベルではないが、今後も放射能水準調査等により環境中の放射性物質の監視を続けて行く必要がある。

## 謝辞

試料採取にご協力頂きました、豊岡健康福祉事務所、兵庫県立農林水産技術総合センター、兵庫県農政環境部環境管理局水大気課の関係者の方々に深謝致します。

## 文献

- 1) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室: 環境放射能水準調査委託実施計画書(平成23年度)(2011)
- 2) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ1「全ベータ放射能測定法」(昭和51年改訂)(1977)

- 3) 文部科学省：放射能測定法シリーズ 13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」(昭和 57 年) (1982)
- 4) 文部科学省：放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成 4 年改訂) (1993)
- 5) 吉岡直樹, 前田絵理：兵庫県における放射能調査, 第 52 回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成 21 年度), 189-192 (2010)
- 6) 田村幸子, 渡辺功, 布浦雅子：大阪府における環境及び食品中放射能調査—平成元年 4 月～平成 2 年 3 月—, 大阪府立公衛研所報 公衆衛生編, 28, 165-170 (1990)
- 7) 肥塚利江, 東恵美子, 大山正幸, 足立伸一：大阪府における環境および食品中放射能調査 (平成 23 年度報告), 大阪府立公衛研所報, 50, 30-37 (2012)  
[平成 25 年 3 月 4 日受理]