

## 福島第一原子力発電所事故後の長野県における環境放射能の調査結果

酒井文雄<sup>1</sup>・中込和徳<sup>2</sup>・細井要一<sup>3</sup>

2011年3月の東日本大震災によって発生した東京電力（株）福島第一原子力発電所事故（以下「原発事故」という。）から2014年度までの長野県における環境放射能の調査結果について整理した。

長野県内では、原発事故直後に空間放射線量率は原発事故以前の最大値を超える数値が観測され、また、降下物試料や土壌などから<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csなどの人工放射性核種が検出され原発事故の影響が確認された。原発事故後3年を経た2014年度（平成26年度）においても月間降下物や土壌などから<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csが検出されたが、月間降下物の<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csの降下量は原発事故直後と比較すると減少してきており、不検出となる月も確認されるようになった。また、空間放射線量率は原発事故以前と同レベルまで低下している。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，環境放射能，水準調査

### 1. はじめに

日本における環境放射能調査は、1954年のビキニ環礁での核実験を契機に開始された。

長野県では、1976年（昭和51年）から国の委託を受け、「環境放射能水準調査」として各種環境試料中の放射能調査を実施している。また、2011年3月に発生した東京電力（株）福島第一原子力発電所事故（以下「原発事故」という。）を受けて、2012年3月に県内の空間放射線量率の測定地点を6地点増設して監視体制を強化するとともに、緊急時調査としてサーベイメータを用いた地上1メートルにおける空間放射線量率の測定や定時降下物、蛇口水の核種分析を行っている。

今回、原発事故から2014年度までに実施した環境放射能調査の結果をまとめたので、その概要を報告する。

### 2. 調査方法

平常時の放射能レベルを確認する通常調査及び原発事故の影響を確認する緊急時調査を実施した。測定項目、試料、採取場所、採取回数を表1に、測

定に使用した装置を表2に示す。

試料採取、処理及び測定は「環境放射能水準調査委託実施計画書」<sup>1)2)</sup>に従った。各試料の採取及び前処理方法の概要を以下に示す。

#### 2.1 通常調査

##### 2.1.1 空間放射線量率測定

原発事故発生以前から測定していた当所屋上（長野市）のモニタリングポスト（以下「MP」という。）に加え、2012年3月からは6地点を増設し、計7地点で測定を行った。測定されたデータ（10分値）はオンラインで国に報告され、ウェブサイト上で公表された。

##### 2.1.2 $\gamma$ 線核種分析

以下に示す試料を、ゲルマニウム半導体検出器（以下「Ge検出器」という。）を用いて放射性核種の測定を行った。なお、測定時間は80,000秒とした。

##### (1) 月間降下物

当所屋上に設置した大型水盤（受水面積5,000cm<sup>2</sup>）で、1ヶ月間に降下した降水及びちりを採取し、全量を加熱濃縮した後、U-8容器に移して乾固し測定試料とした。

1 長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978  
（現：長野県環境部水大気環境課 〒380-8570 長野市南長野幅下 692-2）  
2 長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978  
（現：長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978）  
3 長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978  
（現：長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978）

表1 環境放射能調査の測定項目・試料・採取場所・採取回数

通常調査			
測定項目	試料	採取場所	採取回数
空間放射線量率測定	モニタリングポストによる測定	7地点（長野市（当所屋上）、松本市、飯田市、諏訪市、大町市、飯山市、軽井沢町）	連続 （松本市：2012.3.16～） （飯田市、諏訪市、大町市、飯山市、軽井沢町：2012.3.17～）
γ線核種分析	月間降下物	長野市（当所屋上）	12回/年
	大気浮遊じん	〃	4回/年
	陸水（水道源水）	長野市	1回/年
	〃（蛇口水）	長野市（当所内蛇口）	1回/年
	〃（淡水）	諏訪湖湖心	1回/年
	土壌	長野市	1回/年
	精米	安曇野市	1回/年
	原乳	信濃町	1回/年
	野菜類（柿のつや、ダイコン）	佐久市	1回/年
	淡水産生物（ワカサギ）	諏訪湖産	1回/年
全β放射能測定	定時降水	長野市（当所屋上）	降水ごと（午前9時）
緊急時調査			
空間放射線量率測定	シンチレーションサーベイメータによる測定	長野市（当所敷地内）	12回/年
γ線核種分析	定時降下物	長野市（当所屋上）	毎日定時（2011.3.19～12.27）
	陸水（蛇口水）	長野市（当所内蛇口）	毎日定時（2011.3.18～12.28）
		〃	1回/四半期（2012.1～）

表2 測定装置

測定項目	測定装置	備考
空間放射線量率測定	モニタリングポスト	
	三菱電機 EM-L-C01	長野市
	日立アロカメディカル MAR-22	長野市以外
	シンチレーションサーベイメータ	
	アロカ TCS-166	～2013.11 使用
	日立アロカメディカル TCS-171B	2013.12～使用
γ線核種分析	キャンベラジャパン GC2018-7500S-2002C	
	セイコー・イージーアンドジー GEM25-70	
全β放射能測定	アロカ JDC-163	～2012.2 使用
	日立アロカメディカル JDC-5200	2012.3～使用

## (2) 大気浮遊じん

当所屋上に設置したハイボリウムエアサンプラーを用いて、3ヶ月間で約10,000m<sup>3</sup>（1m<sup>3</sup>/分、31時間/回、6回/3ヶ月）の大気を吸引し、ろ紙に浮遊じんを採取した。このろ紙試料を円形に打ち抜き、U-8容器に詰め測定試料とした。

## (3) 陸水（水道源水、蛇口水、淡水）

水道源水は長野市内の浄水場の取水口から、蛇口水はこの浄水場から供給されている当所の蛇口から、淡水は諏訪湖湖心で、それぞれ100L採取した。この全量を加熱濃縮した後、U-8容器に移して乾固し測定試料とした。

## (4) 土壌

長野市飯綱地区の草地（粘土質）で梅雨明け

後、上層（地表下0～5cm）と下層（地表下5～20cm）の土壌をそれぞれ9地点から採取し、これを乾燥後、ふるい（2mmメッシュ）に通した乾燥細土をU-8容器に移し測定試料とした。

## (5) 精米、原乳

精米は安曇野市産を、原乳は信濃町産を、それぞれ2Lマリネリ容器に入れ測定試料とした。

## (6) 野菜類（ホウレンソウ、ダイコン）、淡水産生物（ワカサギ）

佐久市産のホウレンソウ及びダイコン、諏訪湖産のワカサギを収穫時期に採取し、可食部を中華鍋で炭化後、マッフル炉で灰化（450℃、24時間）し、磨砕後、ふるい（0.35mmメッシュ）を通して異物を除去した後、U-8容器に移し測定試料とした。

### 2.1.3 全β放射能測定

当所屋上に設置した降水採取装置で、24時間の降水量が0.5mm以上（午前9時時点）の場合に降水を採取し、そこから100mL（100mL未満の場合には全量）を分取し、この試料にヨウ素担体（1mg/L/mL）1mL、硝酸銀溶液2mL及び硝酸（1+1）数滴を加え加熱濃縮し、ステンレス製試料皿で蒸発乾固し測定試料とした。

測定は、採取から6時間後にβ線自動測定装置で行った。測定時間は30分とした。

測定の結果、全β放射能が検出された場合には、さらにステンレス製試料皿をGe検出器で測定し、人工放射性核種の有無を確認した。

## 2.2 緊急時調査

### 2.2.1 空間放射線量率測定

シンチレーションサーベイメータを用いて、当所の地上1mにおける空間放射線量率を確認した。2011年6月16日から12月27日までは毎日10時に、2012年1月からは月1回（毎月第2週水曜日の10時）測定を行った。

測定は時定数を30秒とし、5回の指示値の平均値を算出した。

### 2.2.2 γ線核種分析

以下に示す試料を、Ge検出器を用いて放射性核種の測定を行った。なお、測定時間は定時降下物及び2011年12月28日までの蛇口水は20,000秒、2012年1月以降の蛇口水は80,000秒とした。

#### (1) 定時降下物

2011年3月19日から12月27日まで、降水採取装置を用いて降下物を毎日定時（午前9時）に採取し、これをU-8容器に移し測定試料とした。

#### (2) 陸水（蛇口水）

2011年3月18日から12月28日までの毎日、

2Lマリネリ容器に蛇口水を2L採取し測定試料とした。また、2012年1月からは、検出下限値を十分に低く保つために、毎勤務日に蛇口水を1.5L採取し四半期ごとにまとめて加熱濃縮した後、U-8容器に移して乾固し測定試料とした。

## 3. 調査結果

### 3.1 通常調査

#### 3.1.1 空間放射線量率

原発事故以前から当所屋上に設置されているMPで測定した空間放射線量率（時間値）の推移を図1に示す。

原発事故直後の2011年3月15日の23時に、原発事故前の最大値の0.097 μSv/hを上回る0.107 μSv/hが確認された。これは、原発事故により飛散した人工放射性核種による影響であったと考えられる。それ以降空間放射線量率は減少し、2013,2014年度の年間平均値はともに0.039 μSv/hと原発事故前の平均値0.038 μSv/hと同レベルとなった。

県内に設置されているMPの地点ごとの空間放射線量率の年平均値の推移を表3に示す。いずれの地点も空間放射線量率に大きな変動はみられなかった。大町市の空間放射線量率の年平均値は他の

表3 モニタリングポストの地点ごとの空間放射線量率の年平均値の推移

		単位：μSv/h					
年度	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
長野市	0.038	0.039	0.041	0.040	0.039	0.039	
松本市	—	—	—	0.063	0.063	0.063	
飯田市	—	—	—	0.057	0.055	0.056	
諏訪市	—	—	—	0.050	0.050	0.049	
大町市	—	—	—	0.077	0.076	0.068	
飯山市	—	—	—	0.045	0.045	0.043	
軽井沢町	—	—	—	0.045	0.040	0.037	

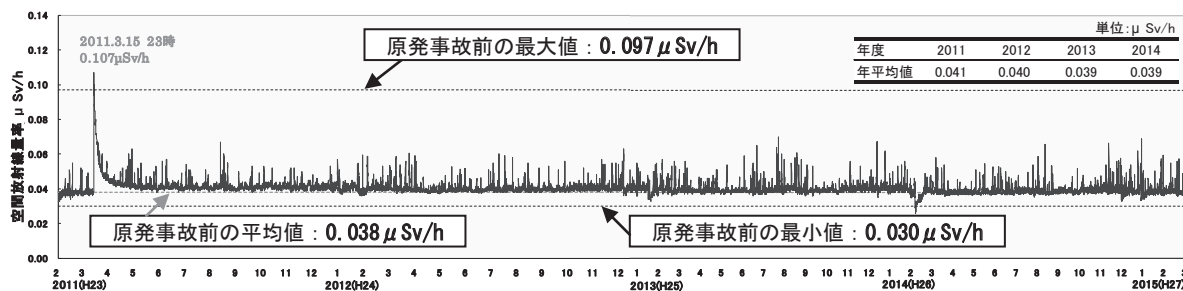


図1 長野市の空間放射線量率（時間値）の推移

測定局と比較して高い値であった。大町地域は、長野県の地質図<sup>3)</sup>によると花崗岩類が分布している。花崗岩を含んだ地層では放射性物質が比較的多く、その結果空間放射線量率が高くなることが知られており<sup>4)</sup>、他地域に比べ地質の影響を受けているものと考えられる<sup>5)</sup>。

### 3.1.2 $\gamma$ 線核種分析

原発事故後から2014年度までの月間降下物の $\gamma$ 線核種分析結果を表4に、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 降下量の経月変化を図2に示す。また、月間降下物以外の $\gamma$ 線核種分析結果を表5に示す。なお、野菜類及び淡水産生物は灰化した試料を測定しているため、 $^{131}\text{I}$ は対象としていない。

月間降下物は、原発事故が発生した2011年3月及び翌4月に、半減期の短い $^{131}\text{I}$ や $^{129}\text{Te}$ などの人工放射性核種が検出され、前述した空間放射線量率の上昇と同じく原発事故の影響がみられた。人工放射性核種の $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ は原発事故以降毎年度検出されているが、検出値は年々小さくなっており、2013年度は $^{134}\text{Cs}$ が不検出となる月も確認されるようになった。

月間降下物以外では、土壌から $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ が毎年度検出され、淡水産生物(ワカサギ)から $^{137}\text{Cs}$ が毎年度、 $^{134}\text{Cs}$ が2011年度に検出された。2011年度には大気浮遊じんから $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ が、水道源水から $^{137}\text{Cs}$ が検出され、2012年度にはハウレンソウから $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ が検出された。淡水産生物(ワカサギ)の $^{137}\text{Cs}$ は事故前3年間のレベルとほぼ同程度であるが、それ以外の試料は事故前3年間より高い値であった。なお、土壌の $^{137}\text{Cs}$ は大気圏内核実験やチェルノブイリ原子力発電所事故の影響により環境

放射能水準調査を開始した1976年度以降毎年度検出されている<sup>6)~8)</sup>。

### 3.1.3 全 $\beta$ 放射能測定

2010年度から2014年度までの定時降水中の全 $\beta$ 放射能の測定結果を表6に示す。

原発事故直後の2011年3月15日から18日までに測定した3検体で高い全 $\beta$ 放射能が確認された。この試料をGe検出器を用いて $\gamma$ 線核種分析を行ったところ、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ などの人工放射線核種のピークが確認された。

2011年度以降、8試料から全 $\beta$ 放射能が検出された。この試料をGe検出器を用いて $\gamma$ 線核種分析を行ったところ人工放射線核種のピークは確認されなかった。

## 3.2 緊急時調査

### 3.2.1 空間放射線量率

2011年6月から2015年3月まで、シンチレーションサーベイメータを用いた地上1mの空間放射線量率の測定を235回行った。測定結果は0.042~0.092  $\mu\text{Sv/h}$ の範囲であった。なお、測定結果は1  $\mu\text{Gy/h}$ を1  $\mu\text{Sv/h}$ に換算して算出した。

### 3.2.2 $\gamma$ 線核種分析

定時降下物283試料の $\gamma$ 線核種分析結果を表7に示す。原発事故直後に採取した試料から $^{132}\text{I}$ や $^{132}\text{Te}$ といった短半減期の人工放射性核種が検出された。

陸水(蛇口水)は284試料の $\gamma$ 線核種分析を行い、人工放射性核種は検出されなかった。

表4 原発事故以降の月間降下物の $\gamma$ 線核種分析結果(長野市)

採取年月(年度)	$^{131}\text{I}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	その他検出された核種	事故前3年間の $^{137}\text{Cs}$ の値
2011年3月	1700	1200	1200	$^{129}\text{Te}$ , $^{129\text{m}}\text{Te}$ , $^{95}\text{Nb}$ , $^{136}\text{Cs}$ , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ , $^{140}\text{La}$	N.D.
4月	18	38	38	$^{129}\text{Te}$ , $^{129\text{m}}\text{Te}$ , $^{110\text{m}}\text{Ag}$	
5月	0.62	7.7	8.3	$^{129}\text{Te}$ , $^{129\text{m}}\text{Te}$ , $^{110\text{m}}\text{Ag}$	
6月	N.D.	2.2	2.2	$^{129}\text{Te}$ , $^{129\text{m}}\text{Te}$	
2011年7月~ 2012年3月	N.D.	0.31~2.5	0.42~2.6		
2012年度	N.D.	0.075~1.4	0.12~2.3		
2013年度	N.D.	N.D.~0.28	0.068~0.70		
2014年度	N.D.	N.D.~0.41	N.D.~1.1		

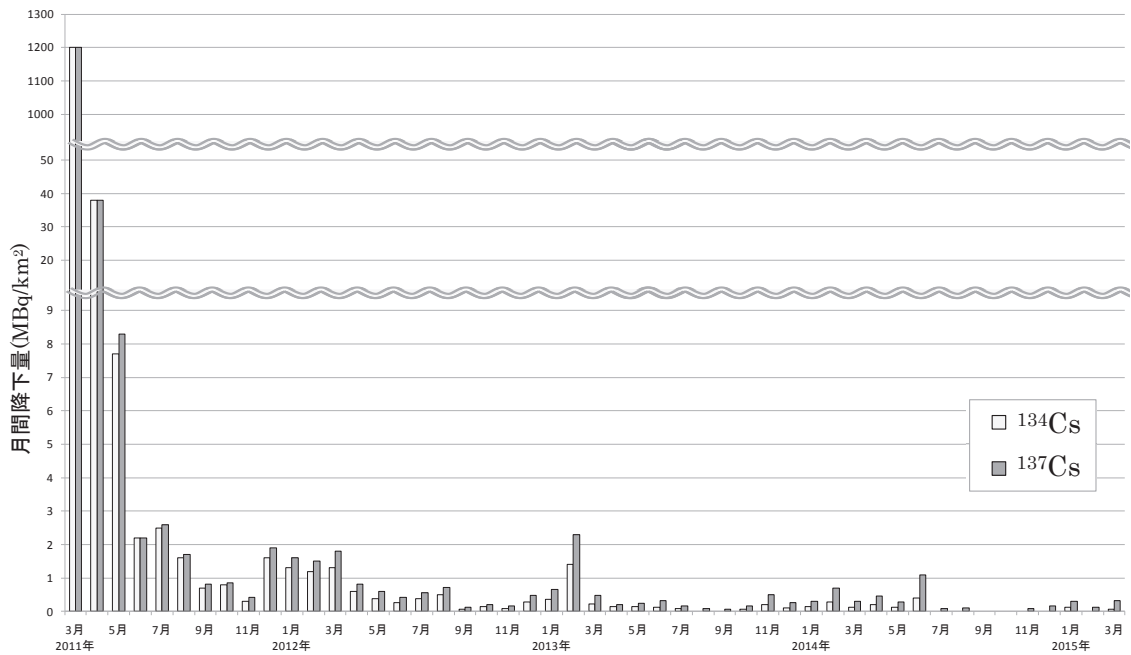


図2 月間降下物の<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 降下量の経月変化 (長野市)

表5 原発事故以降の月間降下物以外のγ線核種分析結果 (2011～2014年度)

試料	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	検出年度	事故前3年間の <sup>137</sup> Csの値	単位
大気浮遊じん	N.D.	N.D.～0.16	N.D.～0.17	2011	N.D.	mBq/m <sup>3</sup>
陸水 (蛇口水)	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	mBq/L
〃 (水道源水)	N.D.	N.D.	N.D.～0.52	2011	N.D.	mBq/L
〃 (淡水)	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	mBq/L
土壌 (0～5cm)	N.D.	130～240	320～450	2011～2014	59～72	Bq/kg 乾土
土壌 (5～20cm)	N.D.	2600～6700	7900～11000	2011～2014	1300～1900	MBq/Km <sup>2</sup>
精米	N.D.	3.6～10	14～34	2011～2014	8.9～9.7	Bq/kg 乾土
原乳	N.D.	270～1100	1000～2300	2011～2014	690～730	MBq/Km <sup>2</sup>
野菜類 (ホウレンソウ)	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	Bq/kg 生
野菜類 (カブ)	—	N.D.～0.098	N.D.～0.19	2012	N.D.	Bq/kg 生
野菜類 (アスパラ)	—	N.D.	N.D.		N.D.	Bq/kg 生
淡水産生物 (ワカサギ)	—	N.D.～0.030	0.052～0.084	2011～2014 ( <sup>134</sup> Csは2011のみ)	0.041～0.082	Bq/kg 生

表6 定時降水中の全β放射能測定結果

年度	降水量 (mm)	検出数/試料数	降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )	Ge 検出器を用いてピークが確認された人工放射線各種
2010年度 (※1)				
2011.3.11 以前	935.1	0/97	N.D.	—
3.15～3.16	2.9		9123	<sup>99m</sup> Tc, <sup>132</sup> Te, <sup>131</sup> I, <sup>129</sup> Te, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>132</sup> I, <sup>129m</sup> Te, <sup>136</sup> Cs
3.16～3.17	3.3		248	<sup>99m</sup> Tc, <sup>132</sup> Te, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>136</sup> Cs
3.17～3.18	1.0		267	<sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs (採取約1年後に測定 (※3))
2011年度 (※1)	145.2	1/28	N.D.～4.5	なし
2012年度 (※2)	688.2	2/89	N.D.～14	なし
2013年度	1177.2	2/96	N.D.～8.2	なし
2014年度	789.2	3/96	N.D.～12	なし

(※1) 2011.3.19～12.28 は原発事故に対する緊急時調査のため測定を中止。結果はその期間を除いた値。  
 (※2) 2013.2.12～2.21 は北朝鮮核実験に対する緊急時調査のため測定を中止。結果はその期間を除いた値。  
 (※3) 他検体の測定でGe半導体検出器を使用していたため採取直後の測定は未実施。

表7 定時降下物のγ線核種分析結果

採取年月日	検出された人工放射線核種 ( )は降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )
2011.3.18~3.19	<sup>132</sup> I(110)
3.19~3.20	<sup>132</sup> Te(4.5), <sup>132</sup> I(64)
3.20~3.21	なし
3.21~3.22	<sup>132</sup> Te(6.6), <sup>132</sup> I(37)
3.22~3.23	<sup>131</sup> I(190), <sup>132</sup> Te(40), <sup>132</sup> I(33)
3.23~3.24	<sup>132</sup> I(21)
3.24~3.25	<sup>132</sup> I(16)
3.25~12.28	なし (試料数: 276)

#### 4. まとめ

原発事故後、長野県においても空間放射線量率の上昇や降下物から人工放射性核種が検出されるなど、原発事故による影響が確認された。

しかしながら、事故から3年が経過した2014年度の調査結果では、空間放射線量率は事故前の水準と同レベルまで下がり、また、月間降下物では<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csが不検出の月が確認されるなど、影響は少なくなってきた。

なお、本報告は、原子力規制庁(2012年度までは文部科学省)からの受託事業として、長野県が実施した「環境放射能水準調査」の結果をとりまとめたものである。

#### 文献

- 1) 文部科学省科学技術・学術政策局(2011,2012), 環境放射能水準調査委託実施計画書
- 2) 原子力規制庁放射線防護対策部(2013,2014), 環境放射能水準調査委託実施計画書
- 3) 長野県, 新版長野県地質図 ver.1 (2010): <http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/chishitsu/chishitsuzu.html>
- 4) (財)放射線影響協会, 放射線の影響がわかる本
- 5) 齊藤憲洋・中込和徳・細井要一(2013) 長野県における放射性セシウムの降下量調査, 長野県環境保全研究所研究報告, 9: 41-46
- 6) 佐々木一敏・薩摩林光・笹井春雄(1988) 長野県における環境試料中の放射能レベル, 長野県衛生公害研究所研究報告, 11: 34-37
- 7) 西澤千恵美・山浦由郎(2001) 長野県における環境放射能調査, 長野県衛生公害研究所研究報告, 24: 19-23
- 8) 中込和徳・薩摩林光(2006) 長野県における環境試料中の放射能レベル(II), 長野県環境保全研究所研究報告, 2: 87-95

### Survey results of environmental radioactivity in Nagano Prefecture after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident

Fumio SAKAI<sup>1</sup>, Kazunori NAKAGOMI<sup>2</sup> and Youichi HOSOI<sup>3</sup>

- 1 Atmospheric Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan  
(Present: Water and Air Environment Division, Environment Department, Nagano Prefectural Government, 692-2 Habashita, Minami-Nagano, Nagano 380-8570, Japan)
- 2 Recycling Society Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan  
(Present: Atmospheric Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan)
- 3 Atmospheric Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan  
(Present: Recycling Society Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan)