

## 北朝鮮核実験に伴う愛媛県のモニタリング強化について

白石雅紘 大塚将成 高市恭弘 高松公子

### 1. はじめに

愛媛県においては、国が実施している環境放射能水準調査(以下「水準調査」という。)のひとつとして、ゲルマニウム半導体検出器による環境試料の核種分析を行っている。また、水準調査は北朝鮮の核実験においては、人工放射性物質が放出される可能性があることから、国の指示に基づきモニタリング強化を実施してきた。北朝鮮の核実験は平成18年10月に初めて行われてから、現在まで計6回行われている。その中でも平成29年9月に行われた核実験は水爆実験に成功したとの報道もあり、過去最大規模であった。そこで本報では、今後のモニタリング強化の参考に資するため、これまでの核実験計6回のモニタリング結果をとりまとめたので、報告する。

なお、モニタリング強化時の調査方法は、第1段階のモニタリング強化として、①モニタリングポストによる空間放射線量率の連続測定結果の監視を強化すること、②ゲルマニウム半導体検出器による大気浮遊じんおよび降水(降下物)のガンマ線スペクトロメトリーを行うこととあるが、本報では②のみを取り扱うこととする。

### 2. 愛媛県における核実験時の連絡体制

北朝鮮の核実験が行われると、モニタリングを強化するために、愛媛県においては図1のような連絡体制をとっている。愛媛県原子力センターの職員が国からの連絡を

受け、試料採取から分析を行い、調査結果を国と県庁原子力安全対策課に報告を行うこととしている。

### 3. 調査方法

#### 3.1. 大気浮遊じんの採取

<使用機器>

ハイボリュームエアサンプラー

(紀本電子工業(株)製, MODEL 120SL)

<採取条件>

- ・ガラス繊維ろ紙 (GB-100R, 203×254mm)
- ・流量 1200L/min
- ・測定時間 24 h

ハイボリュームエアサンプラー(以下「ハイボリ」という。)による試料採取状況を図2に示す。これは、ガラス繊維ろ紙の交換による時間ロスを省くため2台を交互に使用している。試料採取は国の指示に基づき、原則指定の時刻から翌日の9時まで試料採取し、その後は9時から24時間毎に試料を採取した。

#### 3.2. 降下物の採取

<使用機器>

○第1回(2006年10月)

大型水盤

(直径 80cm×高さ 30cm, 受水面積 5000cm<sup>2</sup>)

採取場所

(松山市 愛媛県生活保健ビル屋上)

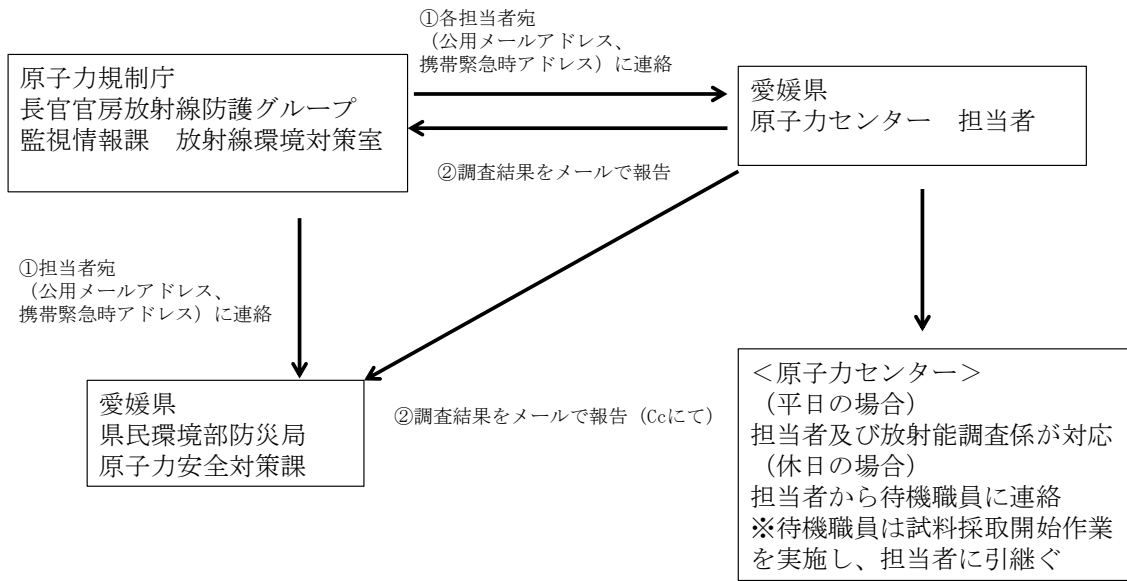


図1 愛媛県のモニタリング強化時における連絡体制

○第2回(2009年5月)

受水器

((株)太田計器製, 受水面積 314 cm<sup>2</sup>)

採取場所

(松山市 愛媛県生活保健ビル屋上)

○第3~6回(2013年2月~2017年9月)

雨水採取器

(70A-H型, 受水面積 490.9 cm<sup>2</sup>)

採取場所

(八幡浜市 原子力センター庁舎屋上)

※第1, 2回の核実験時, 愛媛県においては定時降水が水準調査の委託項目に含まれておらず, 大型水盤等により採取した。

試料の採取は国の指示に基づき, 雨水採取器に 3L ビーカーをセットし(通常はポリタンクを使用)(図3), 指定の時刻から翌日の15時まで採取し, その後は15時から24時間毎に採取を行った。

3Lビーカーを交換する際, 必要に応じ

て洗い込みを実施した。①降水がない場合は, 雨水採取器の受水部分を少量の純水により洗い込み実施した。②降水が有で採取時に降雨のない場合は, 降水量を報告する必要があるため, 洗い込み用のビーカーをセットし, 少量の純水により洗い込みを実施した。③降水有で採取時に降雨のある場合は, 洗い込みを実施しなかった。その後, メスシリンダーで洗い込み分を含め採取量を量りとった。

#### 4. 前処理方法

##### 4.1. 大気浮遊じん

採取したガラス繊維ろ紙を直径47.5mmのポンチで15枚打抜き(図4), 風袋計測済みのU-8容器に試料を詰めた。なお, 採取面積は176×228mmであった。

##### 4.2. 降下物

風袋計測済みのU-8容器に試料を入れる。①採取量が80mL以下の場合,



図2 ハイボリュームエアサンプラー



図3 雨水採取器

全量を U-8 容器に投入し、少量の時は純水でビーカーの洗い込みを行った。②採取量が 80mL 以上の場合、試料を均一化後、メスシリンダーで 80mL 分取し U-8 容器に投入した。

## 5. 測定方法

<使用機器>

○第1回(2006年10月)

ゲルマニウム半導体検出器  
(CANBERRA 製 GC-4018, FWHM =1.72 keV, 相対効率 40.8%)

○第2回(2009年5月)

ゲルマニウム半導体検出器  
(ORTEC 製 GEM-40180, FWHM =1.79keV, 相対効率 44.1%)

○第3回(2013年2月)

ゲルマニウム半導体検出器  
(ORTEC 製 GEM30, FWHM =1.74keV, 相対効率 33.8%)

○第4, 5回(2016年1月, 2016年9月)

ゲルマニウム半導体検出器  
(ORTEC 製 GEM30, FWHM=1.80keV, 相対効率 34.0%)

○第6回(2017年9月)

ゲルマニウム半導体検出器  
(ORTEC 製 GEM30, FWHM=1.76keV, 相対効率 33.8%)  
※FWHM(半値幅)は Co-60(1332keV) に対する値

### 5.1. 大気浮遊じん

データ処理装置に入力する試料情報は次のとおりとした。前処理法は打抜法、試料材質は灰化物、採取効率は 66%(15枚)、吸引量は採取時の積算吸引量、試料高さはノギスによる6点測定とした。U-8 容器をナイロン袋で養生し(図5)、測定時間は 21600 秒とした。

### 5.2. 降下物

データ処理装置に入力する試料情報は次のとおりとした。前処理法は直接、試料材質は水、採取面積は 0.0490875m<sup>2</sup>、採取量は、洗い込み実施の場合は洗い込み後の量も含め採取量とした。試料高さはノギスで 6 点測定とした。U-8 容器をナイロン袋で養生し(図6)、測定時間は 21600 秒とした。

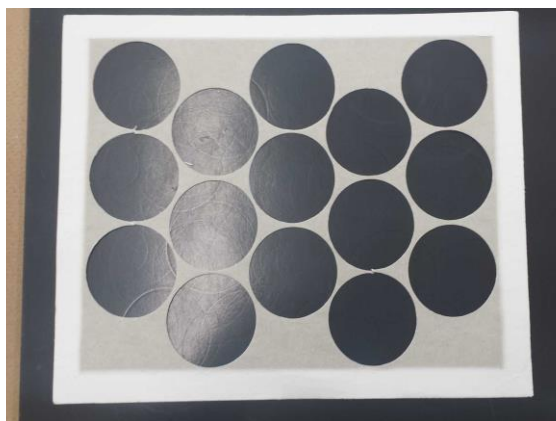


図4 ろ紙の打ち抜きの様子(左)と打ち抜き後のろ紙(右)



図5 U-8 容器(大気浮遊じん)



図6 U-8 容器(降水物)

## 6. 結果

北朝鮮の核実験実施日時や規模について防衛省のHP(ホームページ)公表資料<sup>1)</sup>を参考に整理した。それを表1に示す。また、大気浮遊じん、降水物の測定結果をそれぞれ表2~7に示す。愛媛県の測定結果は全ての期間において、検出下限値未満であった。大気浮遊じんにおける主な人工放射性核種(I-131, Cs-134, 137)の検出下限値については、I-131が0.05~0.21, Cs-134が0.06~0.20, Cs-137が0.05~1.5 (mBq/m<sup>3</sup>)であった。降水物における検出下限

値は、第1, 2回を除き、降雨なし時でI-131が1.3~2.1, Cs-134が1.4~2.1, Cs-137が1.4~2.2 (MBq/km<sup>2</sup>)であった。また、他の都道府県においても検出下限値未満であったことが報告されており、<sup>2)</sup>日本においては北朝鮮の核実験における人工放射性核種は検出されなかった。

しかし、第6回の核実験時(2017年9月)においては、韓国で微量のキセノンが検出されたという事例<sup>3)</sup>もあり、人工放射性核種の放出の可能性もありうることから今後も迅速かつ適確なモニタリングが必要である。

## 7. まとめ

北朝鮮核実験に伴う愛媛県のモニタリング強化の結果、人工放射性物質は検出されなかった。また、試料を採取するにあたり、国からの指示時刻よりも前に採取を開始することができており、迅速な対応が行えていた。

今後の核実験において、放射性物質が放出される可能性もあるので、第二段階のモニタリング強化(土壌や野菜等のガンマ線スペクトロメトリー)についても対応できるように検討しておきたい。

## 【参考文献】

- 1) 北朝鮮による核実験・弾道ミサイル発射について，防衛省・自衛隊，<http://www.mod.gi.jp/j/apprpach/surround/>
- 2) 北朝鮮による核実験実施に対する放射能影響の観測結果等について，原子力規制委員会，<https://www.nsr.go.jp/activity/monitoring5.html>
- 3) Radionuclede Detection After the 6th North Korea Nuclear Test , Nuclear Safety and security dex.jsp

表 1 北朝鮮の核実験実施日及びその規模

	日	時	震源	地震の規模 (M)	推定される出力 (TNT 換算)
第 1 回	H18(2006)/10/9	10:35		4.1	約 0.5-1 kT
第 2 回	H21(2009)/5/25	9:54	北朝鮮	4.5	約 2-3 kT
第 3 回	H25(2013)/2/12	11:57	北東部	4.9	約 6-7 kT
第 4 回	H28(2016)/1/6	10:30	豊溪里	4.9	約 6-7 kT
第 5 回	H28(2016)/9/9	9:29	(ブンゲリ)	5.1	約 11-12 kT
第 6 回	H29(2017)/9/3	12:29		6.1	約 160 kT

表 2 第 1 回核実験時の測定結果(平成 18 年)

## (1) 大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値(mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
10/11 <sup>※1</sup>	1837.3	1837.3	N.D.	0.09	0.09	0.08
10/12	1872.0	1872.0	N.D.	0.08	0.09	0.08
10/13	1839.6	1839.6	N.D.	0.11	0.11	0.09
10/14	1840.0	1840.0	N.D.	0.08	0.09	0.07
10/15	1840.0	1840.0	N.D.	0.11	0.11	0.09
10/16	1872.0	1872.0	N.D.	0.08	0.08	0.06
10/17	1840.0	1840.0	N.D.	0.09	0.10	0.09
10/18	1868.0	1868.0	N.D.	0.10	0.10	0.09
10/19	1874.0	1874.0	N.D.	0.10	0.09	0.09
10/20	1868.1	1868.1	N.D.	0.10	0.11	0.09
10/21	1870.7	1870.7	N.D.	0.10	0.10	0.10
10/22	1872.0	1872.0	N.D.	0.10	0.10	0.09
10/23	1869.4	1869.4	N.D.	0.09	0.09	0.08
10/24	1872.0	1872.0	N.D.	0.05	0.06	0.05

※1 核実験が実施された翌日から採取開始

※2 N.D.は検出されず

## (2) 降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 (L)	供試料量 <sup>※2</sup> (L)	人工放射性 核種 <sup>※3</sup>	検出下限値(MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
10/11 <sup>※1</sup>	0.0	2.1	2.1	N.D.	0.2	0.03	0.03
10/12	0.0	2.1	2.1	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/13	0.0	2.3	2.3	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/14	0.0	1.1	1.1	N.D.	0.2	0.1	0.2
10/15	0.0	2.4	2.4	N.D.	0.1	0.2	0.1
10/16	0.0	1.3	1.3	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/17	0.0	1.3	1.3	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/18	0.0	0.7	0.7	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/19	0.0	1.2	1.2	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/20	0.0	1.1	1.1	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/21	0.0	1.8	1.8	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/22	0.0	1.7	1.7	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/23	2.0	1.8	1.8	N.D.	0.1	0.1	0.1
10/24	0.0	1.4	1.4	N.D.	0.1	0.1	0.1

※1 核実験が実施された翌日から採取開始

※2 供試料量は U-8 容器に入るまで加熱濃縮を行った

※3 N.D.は検出されず

表 3 第 2 回核実験時の測定結果(平成 21 年)

(1)大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値(mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
5/27 <sup>※1</sup>	1747.3	1153.2	N.D.	0.16	0.17	0.14
5/28	1747.5	1153.4	N.D.	0.11	0.11	0.11
5/29	1748.0	1153.7	N.D.	0.07	0.07	0.07
5/30	1754.5	1158.0	N.D.	0.11	0.09	0.11
5/31	1748.5	1154.0	N.D.	0.10	0.10	0.11
6/1	1753.5	1157.3	N.D.	0.13	0.12	0.10
6/2	1748.8	1154.2	N.D.	0.14	0.13	0.14
6/3	1755.1	1158.4	N.D.	0.11	0.12	0.11
6/4	1751.2	1155.8	N.D.	0.14	0.14	0.15
6/5	1755.3	1158.5	N.D.	0.21	0.14	0.13

※1 核実験が実施された翌日から採取開始

※2 N.D.は検出されず

(2)降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 (L)	供試料量 (L)	人工放射性 核種 <sup>※1</sup>	検出下限値(MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
5/26	0.0	0.0	0.060	N.D.	3.3	3.8	3.1
5/27	0.0	0.0	0.044	N.D.	2.8	3.2	3.0
5/28	1.0	0.029	0.066	N.D.	3.5	3.6	3.9
5/29	0.0	0.0	0.048	N.D.	3.0	3.1	2.8
5/30	0.0	0.0	0.062	N.D.	-	-	-
5/31	0.0	0.0	0.036	N.D.	2.5	2.7	2.9
6/1	0.0	0.0	0.056	N.D.	3.1	3.1	3.3
6/2	0.0	0.0	0.045	N.D.	2.8	2.5	2.8
6/3	0.0	0.0	0.057	N.D.	3.2	3.3	3.3
6/4	2.5	0.080	0.077	N.D.	4.9	4.8	5.2
6/5	0.0	0.0	0.043	N.D.	2.7	2.8	2.5

※1 N.D.は検出されず

表 4 第 3 回核実験時の測定結果(平成 25 年)

## (1) 大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値 (mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
2/13 <sup>※1</sup>	1464.6	966.6	N.D.	0.10	0.10	0.09
2/14	1745.9	1152.3	N.D.	0.11	0.13	0.10
2/15	1756.9	1159.6	N.D.	0.09	0.10	0.09
2/16	1745.5	1152.0	N.D.	0.09	0.10	0.08
2/17	1758.3	1160.5	N.D.	0.10	0.11	0.10
2/18	1745.3	1151.9	N.D.	0.07	0.07	0.07
2/19	1750.4	1155.3	N.D.	0.09	0.10	0.10
2/20	1750.4	1155.3	N.D.	0.08	0.09	0.09
2/21	1751.3	1155.9	N.D.	0.09	0.09	0.08

※1 12日 13:00 より採取開始

※2 N.D.は検出されず

## (2) 降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 <sup>※2</sup> (L)	供試料量 <sup>※3</sup> (L)	人工放射性 核種 <sup>※4</sup>	検出下限値 (MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
2/13 <sup>※1</sup>	12.0	0.58	0.080	N.D.	15	16	14
2/14	0.0	0.08	0.079	N.D.	2.1	2.1	2.0
2/15	17.0	0.83	0.080	N.D.	21	23	21
2/16	0.40	0.02	0.022	N.D.	1.2	1.3	1.2
2/17	0.0	0.08	0.079	N.D.	2.1	1.9	2.2
2/18	21.0	1.0	0.080	N.D.	27	27	30
2/19	12.0	0.59	0.080	N.D.	15	16	16
2/20	0.0	0.073	0.073	N.D.	2.1	2.1	2.0
2/21	0.0	0.071	0.071	N.D.	2.1	2.0	2.0

※1 12日 13:00 より採取開始

※2 採取量は洗い込み量も含む

※3 供試料量は測定に用いた量

※4 N.D.は検出されず



表 5 第 4 回核実験時の測定結果(平成 28 年)

## (1) 大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値(mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
1/7 <sup>※1</sup>	1461.4	964.5	N.D.	0.09	0.10	0.09
1/8	1738.6	1147.5	N.D.	0.06	0.07	0.07
1/9	1754.0	1157.6	N.D.	0.07	0.08	0.07
1/10	1739.0	1147.7	N.D.	0.07	0.07	0.06
1/11	1755.0	1158.3	N.D.	0.12	0.13	0.12
1/12	1739.7	1148.2	N.D.	0.07	0.06	0.07
1/13	1755.9	1158.9	N.D.	0.06	0.07	0.06
1/14	1740.8	1148.9	N.D.	0.06	0.07	0.06

※1 6日 12:50 より採取開始

※2 N.D.は検出されず

## (2) 降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 <sup>※2</sup> (L)	供試料量 <sup>※3</sup> (L)	人工放射性 核種 <sup>※4</sup>	検出下限値(MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
1/7 <sup>※1</sup>	0.3	0.017	0.017	N.D.	1.3	1.4	1.5
1/8	0.02	0.001	0.001	N.D.	1.1	1.3	1.1
1/9	1.3	0.066	0.066	N.D.	2.1	1.9	2.2
1/10	0.0	0.075	0.075	N.D.	2.0	1.8	2.0
1/11	0.0	0.052	0.052	N.D.	1.7	1.7	1.7
1/12	0.0	0.068	0.068	N.D.	1.9	1.8	2.1
1/13	0.0	0.060	0.060	N.D.	1.7	1.7	1.8
1/14	4.9	0.240	0.080	N.D.	6.1	6.4	6.9

※1 6日 12:33 より採取開始

※2 採取量は洗い込み量も含む

※3 供試料量は測定に用いた量

※4 N.D.は検出されず

表 6 第 5 回核実験時の測定結果(平成 28 年)

(1) 大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値(mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
9/10 <sup>※1</sup>	1529.9	1009.7	N.D.	0.1	0.1	0.1
9/11	1740.4	1148.7	N.D.	0.09	0.1	0.09
9/12	1746.9	1153.0	N.D.	0.09	0.1	0.09
9/13	1740.7	1148.9	N.D.	0.07	0.08	0.07
9/14	1749.1	1154.4	N.D.	0.09	0.1	0.1
9/15	1741.7	1149.5	N.D.	0.08	0.09	0.07

※1 9日 11:50 より採取開始

※2 N.D.は検出されず

(2) 降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 <sup>※2</sup> (L)	供試料量 <sup>※3</sup> (L)	人工放射性 核種 <sup>※4</sup>	検出下限値(MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
9/10 <sup>※1</sup>	0.0	0.031	0.031	N.D.	1.3	1.4	1.5
9/11	0.0	0.036	0.036	N.D.	1.4	1.4	1.4
9/12	1.4	0.069	0.069	N.D.	1.9	1.8	2.0
9/13	43	2.1	0.080	N.D.	55	54	61
9/14	31	1.5	0.080	N.D.	41	40	43
9/15	26	1.3	0.080	N.D.	36	30	32

※1 9日 11:50 より採取開始

※2 採取量は洗い込み量も含む

※3 供試料量は測定に用いた量

※4 N.D.は検出されず

表 7 第 6 回核実験時の測定結果(平成 29 年)

(1) 大気浮遊じん

測定日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	供試料量 (m <sup>3</sup> )	人工放射性核種 <sup>※2</sup>	検出下限値(mBq/m <sup>3</sup> )		
				I-131	Cs-134	Cs-137
9/4 <sup>※1</sup>	1387.2 <sup>*</sup>	915.6	N.D.	0.1	0.2	0.1
9/5	1738.7	1147.5	N.D.	0.07	0.08	0.08
9/6	1752.4	1156.6	N.D.	0.1	0.1	0.1
9/7	1734.8	1145.0	N.D.	0.1	0.1	0.1
9/8	1755.4	1158.6	N.D.	0.07	0.07	0.07
9/9	1739.9	1148.3	N.D.	0.1	0.1	0.1
9/10	1755.9	1158.9	N.D.	0.1	0.1	0.1
9/11	1740.9	1149.0	N.D.	0.1	0.1	0.09

※1 3日 13:57 より採取開始

※2 N.D.は検出されず

(2) 降下物

測定日	降水量 (mm)	採取量 <sup>※2</sup> (L)	供試料量 <sup>※3</sup> (L)	人工放射性 核種 <sup>※4</sup>	検出下限値(MBq/km <sup>2</sup> )		
					I-131	Cs-134	Cs-137
9/4 <sup>※1</sup>	0.0	0.051	0.051	N.D.	1.7	1.9	1.5
9/5	16	0.081	0.080	N.D.	22	18	24
9/6	0.0	0.044	0.044	N.D.	1.5	1.6	1.5
9/7	18	0.89	0.080	N.D.	25	23	24
9/8	20	0.97	0.080	N.D.	25	27	25
9/9	0.0	0.042	0.042	N.D.	1.4	1.5	1.5
9/10	0.0	0.041	0.041	N.D.	1.5	1.4	1.6
9/11	0.0	0.046	0.046	N.D.	1.5	1.5	1.7
9/12	3.0	0.17	0.080	N.D.	4.6	4.0	5.0

※1 3日 13:57 より採取開始

※2 採取量は洗い込み量も含む

※3 供試料量は測定に用いた量

※4 N.D.は検出されず