

# 2号機及び3号機原子炉格納容器 (PCV)内滞留水の分析結果

平成28年11月24日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構／

日本原子力研究開発機構

本資料には、平成26年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発)」成果の一部が含まれている。

無断複製・転載禁止 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構  
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

## 概要

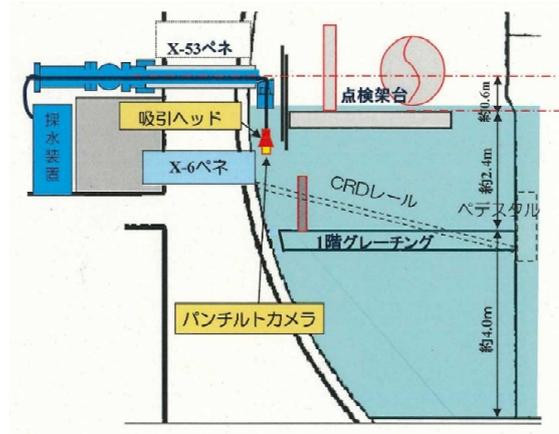
- 事故後に発生した固体廃棄物は、従来の原子力発電所で発生した廃棄物と性状が異なるため、廃棄物の処理・処分の安全性の見通しを得る上で性状把握が不可欠である。
- 原子炉及びタービン建屋の汚染状況は、これら施設の廃止措置に伴う廃棄物の性状を推測する上で重要である。
- 注水によって燃料デブリから放射性核種が溶出し、汚染水となるが、汚染水と接触する部分の汚染状況は核種の移行挙動に影響を受ける。
- そこで、原子炉格納容器(PCV)内で採取された汚染水の分析を行った。2号機及び3号機PCV内滞留水を分析した結果を報告する。

# 2号機及び3号機 PCV 滞留水一分析内容

■ 原子炉格納容器(PCV)内部調査(2号機平成25年8月、3号機平成27年10月)にて採取された滞留水(LI-2RB5-1~2、LI-3RB5-1~2)を試料として、以下の核種を分析した。

- ❖  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{242}\text{Cm}$ ,  $^{244}\text{Cm}$

なお、 $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ については現在分析中である。



3号機原子炉格納容器 (PCV) からの滞留水試料の採取方法\*

試料は、水面近傍(約0.1 m下)と水面下約0.7 mから採取された。

\*「福島第一原子力発電所 3号機原子炉格納容器 (PCV) 内部調査の実施結果について」, 汚染水対策現地調整会議, H27年10月30日。

## 試料の性状

試料名	採取日	採取場所	線量率 <sup>※1</sup> ( $\mu\text{Sv/h}$ )	pH
LI-2RB5-1	H25.8.7	2号機PCV	56	7.4
LI-2RB5-2	H25.8.7	2号機PCV	62	7.3
LI-3RB5-1	H27.10.22	3号機PCV水面近傍	9.0	7.0
LI-3RB5-2	H27.10.22	3号機PCVグレーチング近傍	6.0	6.6

※1: 約50mLを50mLバイアル瓶に収納した時の表面線量率( $\gamma$ )

# PCV滞留水の核種分析結果①

試料名	放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]					
	<sup>3</sup> H (約12年)	<sup>60</sup> Co (約5.3年)	<sup>90</sup> Sr (約29年)	<sup>94</sup> Nb (約2.0 × 10 <sup>4</sup> 年)	<sup>106</sup> Ru (約374日)	<sup>125</sup> Sb (約2.8年)
LI-2RB5-1	(6.9 ± 0.1) × 10 <sup>2</sup>	(3.6 ± 0.1) × 10 <sup>1</sup>	(6.6 ± 0.1) × 10 <sup>4</sup>	< 3 × 10 <sup>-1</sup>	< 2 × 10 <sup>2</sup>	(3.3 ± 0.3) × 10 <sup>1</sup>
LI-2RB5-2	(7.0 ± 0.1) × 10 <sup>2</sup>	(4.1 ± 0.1) × 10 <sup>1</sup>	(6.8 ± 0.1) × 10 <sup>4</sup>	< 3 × 10 <sup>-1</sup>	< 2 × 10 <sup>2</sup>	(9.4 ± 0.3) × 10 <sup>1</sup>
LI-3RB5-1	(3.5 ± 0.1) × 10 <sup>2</sup>	(2.2 ± 0.1) × 10 <sup>1</sup>	(7.5 ± 0.2) × 10 <sup>3</sup>	< 3 × 10 <sup>-1</sup>	(7.1 ± 2.0) × 10 <sup>1</sup>	(5.3 ± 0.2) × 10 <sup>1</sup>
LI-3RB5-2	(2.0 ± 0.1) × 10 <sup>2</sup>	(1.1 ± 0.1) × 10 <sup>1</sup>	(4.4 ± 0.1) × 10 <sup>3</sup>	< 2 × 10 <sup>-1</sup>	< 8 × 10 <sup>1</sup>	(1.6 ± 0.2) × 10 <sup>1</sup>

試料名	放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]			
	<sup>137</sup> Cs (約30年)	<sup>144</sup> Ce (約285日)	<sup>152</sup> Eu (約14年)	<sup>154</sup> Eu (約8.6年)
LI-2RB5-1	(4.0 ± 0.1) × 10 <sup>3</sup>	(3.7 ± 1.0) × 10 <sup>2</sup>	< 2 × 10 <sup>0</sup>	< 9 × 10 <sup>-1</sup>
LI-2RB5-2	(4.2 ± 0.1) × 10 <sup>3</sup>	< 3 × 10 <sup>2</sup>	< 3 × 10 <sup>0</sup>	< 9 × 10 <sup>-1</sup>
LI-3RB5-1	(1.8 ± 0.1) × 10 <sup>3</sup>	(2.9 ± 0.4) × 10 <sup>2</sup>	< 2 × 10 <sup>0</sup>	(1.9 ± 0.2) × 10 <sup>0</sup>
LI-3RB5-2	(9.6 ± 0.1) × 10 <sup>2</sup>	(1.4 ± 0.3) × 10 <sup>2</sup>	< 1 × 10 <sup>0</sup>	(7.8 ± 0.9) × 10 <sup>-1</sup>

- 2号機PCV水については、<sup>3</sup>H, <sup>60</sup>Co, <sup>90</sup>Sr, <sup>125</sup>Sb, <sup>137</sup>Cs, <sup>144</sup>Ceを検出。
- 3号機PCV水については、上記に加え、<sup>106</sup>Ru, <sup>154</sup>Euを検出。
- 集中廃棄物処理建屋の滞留水では検出されていない、<sup>144</sup>Ceや<sup>154</sup>Euを検出。

# PCV滞留水の核種分析結果②

試料名	放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]				
	<sup>238</sup> Pu (約88年)	<sup>239</sup> Pu+ <sup>240</sup> Pu (約2.4 × 10 <sup>4</sup> 年 約6.6 × 10 <sup>3</sup> 年)	<sup>241</sup> Am (約4.3 × 10 <sup>2</sup> 年)	<sup>242</sup> Cm (約163日)	<sup>244</sup> Cm (約18年)
LI-2RB5-1	(2.4 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(7.3 ± 0.5) × 10 <sup>-2</sup>	(6.3 ± 0.5) × 10 <sup>-2</sup>	< 8 × 10 <sup>0</sup>	(1.5 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>
LI-2RB5-2	(2.2 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(7.2 ± 0.5) × 10 <sup>-2</sup>	(6.9 ± 0.5) × 10 <sup>-2</sup>	< 8 × 10 <sup>0</sup>	(1.5 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>
LI-3RB5-1	(9.4 ± 0.2) × 10 <sup>-1</sup>	(2.7 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(2.7 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(3.0 ± 0.7) × 10 <sup>1</sup>	(3.8 ± 0.2) × 10 <sup>-1</sup>
LI-3RB5-2	(5.8 ± 0.2) × 10 <sup>-1</sup>	(1.8 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(1.7 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>	(2.6 ± 0.6) × 10 <sup>1</sup>	(2.3 ± 0.1) × 10 <sup>-1</sup>

- 2号機PCV水については、Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cmを検出。
- 3号機PCV水については、上記に加え、<sup>242</sup>Cmを検出。
- 集中廃棄物処理建屋の滞留水では検出されていない、<sup>242</sup>Cmを検出。

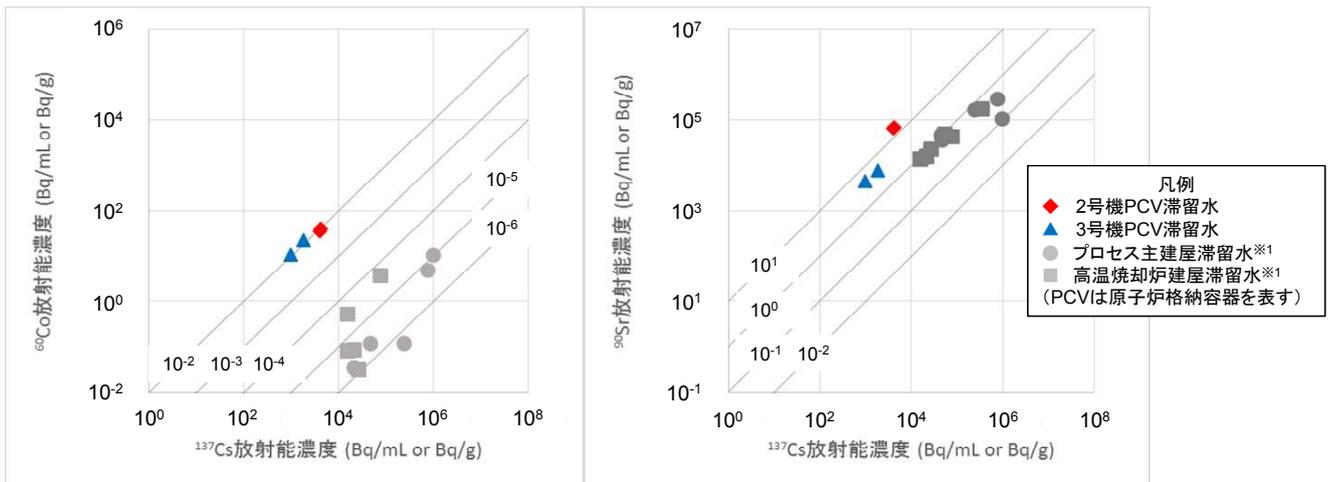
# PCV滞留水の元素分析結果

試料名	元素濃度 (mg/L)										
	Mg	Si	Ca	Mn	Fe	Sr	Ba	Na	B	Zn	Pb
LI-2RB5-1	< 5	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	< 0.25	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-2RB5-2	< 5	< 5	< 2.5	< 5	< 5	< 0.25	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-3RB5-1	< 5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	< 0.5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-3RB5-2	< 5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	< 0.5	< 5	< 5	N.D.*	N.D.*	N.D.*

\*: 定性分析でピークが確認できなかった元素

- 定性分析モードでピークが検出された元素の定量分析を実施したが、全て定量下限未満となった。

## 核種分析結果① —<sup>60</sup>Co, <sup>90</sup>Srと<sup>137</sup>Cs濃度の関係—



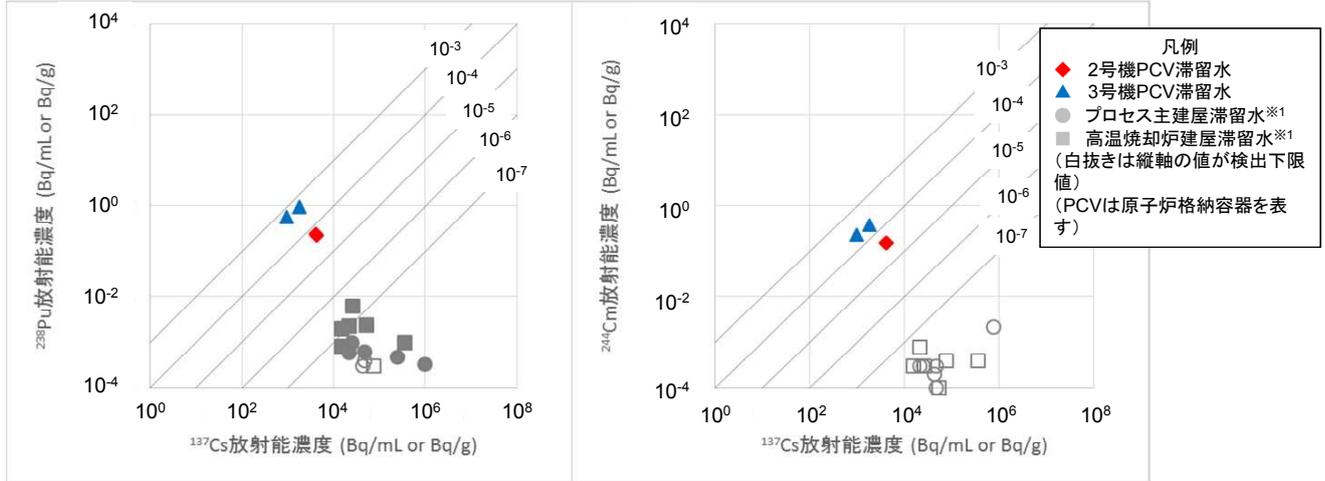
- <sup>60</sup>Co/<sup>137</sup>Cs比は、2号機と3号機で同程度。<sup>90</sup>Sr/<sup>137</sup>Cs比は、2号機の方が3号機よりも大きい。
- 2号機及び3号機PCV滞留水の<sup>60</sup>Co/<sup>137</sup>Cs比及び<sup>90</sup>Sr/<sup>137</sup>Cs比は、集中廃棄物処理建屋（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋）滞留水よりも大きい。

<sup>60</sup> Co/ <sup>137</sup> Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	9.4 × 10 <sup>-3</sup>	1.2 × 10 <sup>-2</sup>
燃料※3	1.4 × 10 <sup>-5</sup>	1.4 × 10 <sup>-5</sup>

<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	1.6 × 10 <sup>1</sup>	4.4 × 10 <sup>0</sup>
燃料※3	7.5 × 10 <sup>-1</sup>	7.5 × 10 <sup>-1</sup>

## 核種分析結果②

### —<sup>238</sup>Pu, <sup>244</sup>Cmと<sup>137</sup>Cs濃度の関係—



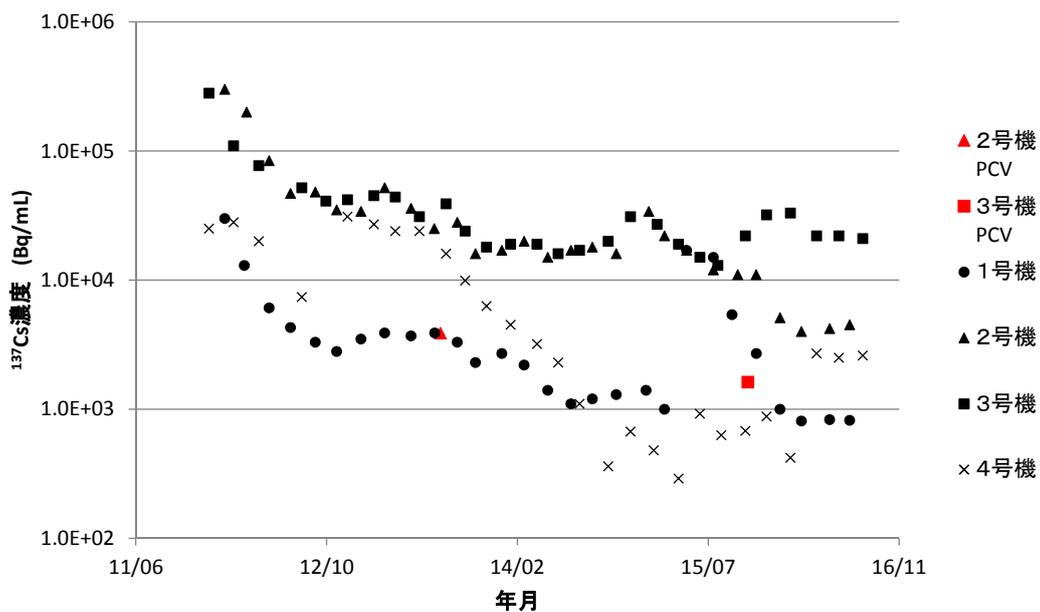
- <sup>238</sup>Pu/<sup>137</sup>Cs比及び<sup>244</sup>Cm/<sup>137</sup>Cs比は、3号機の方が2号機よりも大きい。
- 2号機及び3号機PCV滞留水の<sup>238</sup>Pu/<sup>137</sup>Cs比及び<sup>244</sup>Cm/<sup>137</sup>Cs比は、集中廃棄物処理建屋（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋）滞留水よりも大きい。

<sup>238</sup> Pu/ <sup>137</sup> Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	$5.6 \times 10^{-5}$	$5.6 \times 10^{-4}$
燃料※3	$1.8 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-2}$

<sup>244</sup> Cm/ <sup>137</sup> Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	$3.7 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-4}$
燃料※3	$7.5 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-2}$

## 核種分析結果③

### —タービン建屋滞留水との<sup>137</sup>Cs濃度の比較—



- 2号機と3号機の両方について、<sup>137</sup>Cs濃度はPCVよりもT/Bの方が1桁程度高い。

- 2号機及び3号機原子炉格納容器(PCV)内滞留水を分析し、それぞれ次の核種が検出された。

滞留水	<sup>3</sup> H	<sup>60</sup> Co	<sup>90</sup> Sr	<sup>106</sup> Ru	<sup>125</sup> Sb	<sup>137</sup> Cs	<sup>144</sup> Ce	<sup>154</sup> Eu	<sup>238</sup> Pu	<sup>239+240</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm
2号機PCV	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓
3号機PCV	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

- ❖ 2号機及び3号機PCVの滞留水における着目核種/<sup>137</sup>Cs濃度比は、<sup>90</sup>Sr, <sup>238</sup>Pu, <sup>244</sup>Cmで違いがみられた。

- 現在、2号機及び3号機PCVの滞留水中の<sup>235</sup>U, <sup>238</sup>U濃度並びに1号機タービン建屋滞留水を分析している。これらの分析結果もふまえ、得られた知見を後日報告。

## 参考 廃棄物試料の分析状況

報告年度	試料	試料数	発表等
23-27	汚染水処理設備出入口水	51	<a href="http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110522_04-j.pdf">http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110522_04-j.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120924/120924_01jj.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120924/120924_01jj.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_02kk.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_02kk.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/131128_01ss.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/131128_01ss.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0730_3_4c.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0730_3_4c.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0331_3_4f.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0331_3_4f.pdf</a>
	瓦礫	60	<a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0827_3_4c.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0827_3_4c.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0128_3_4d.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0128_3_4d.pdf</a>
	伐採木、立木、落葉、土壌	128	<a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140227/140227_02ww.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140227/140227_02ww.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf</a>
	汚染水処理二次廃棄物	4	<a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0827_3_4c.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2015/pdf/0827_3_4c.pdf</a> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0128_3_4d.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/pdf/0128_3_4d.pdf</a>
28	汚染水処理二次廃棄物	3	<a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf</a>
	瓦礫、スラッジ	5 20	<b>吸着材は採取を順次実施中</b> <a href="http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf">http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf</a>
	汚染水処理設備出入口水	28	一部試料分析中、試料輸送準備中
	滞留水	4 8	<b>本報告</b> 分析中
	焼却灰	5	分析中
	土壌	6	分析中