

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。

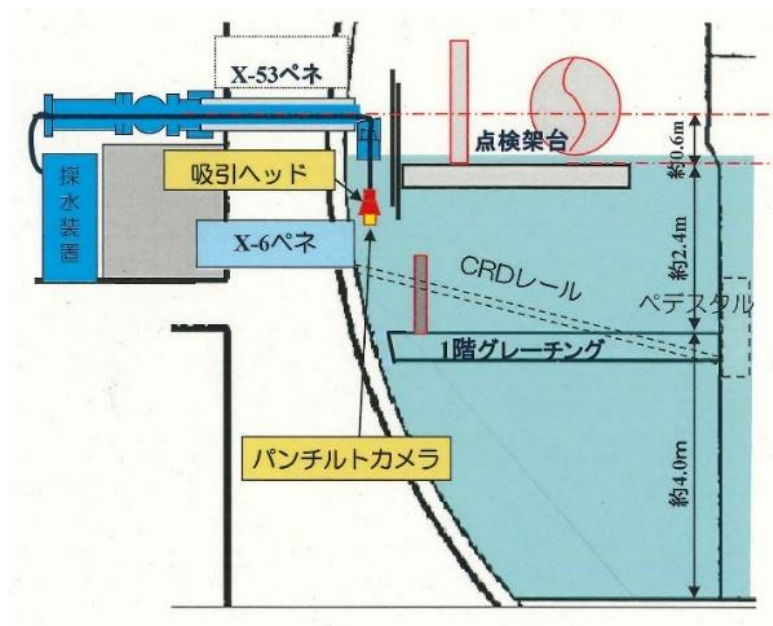
- 事故後に発生した固体廃棄物は、従来の原子力発電所で発生した廃棄物と性状が異なるため、廃棄物の処理・処分の安全性の見通しを得る上で性状把握が不可欠である。
- 原子炉及びタービン建屋の汚染状況は、これら施設の廃止措置に伴う廃棄物の性状を推測する上で重要である。
- 注水によって燃料デブリから放射性核種が溶出し、汚染水となるが、汚染水と接触する部分の汚染状況は核種の移行挙動に影響を受ける。
- そこで、原子炉格納容器(PCV)内で採取された汚染水の分析を行った。2号機及び3号機PCV内滞留水を分析した結果を報告する。

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。

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

なお、 ^{235}U , ^{238}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 ^{※1} (μ 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(γ)

PCV滞留水の核種分析結果①

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

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

- 2号機PCV水については、³H, ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ¹²⁵Sb, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ceを検出。
- 3号機PCV水については、上記に加え、¹⁰⁶Ru, ¹⁵⁴Eu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、¹⁴⁴Ceや¹⁵⁴Eu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 ³]				
	²³⁸ Pu (約88年)	²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu (約2.4×10 ⁴ 年 約6.6×10 ³ 年)	²⁴¹ Am (約4.3×10 ² 年)	²⁴² Cm (約163日)	²⁴⁴ Cm (約18年)
LI-2RB5-1	$(2.4 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(7.3 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$(6.3 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$< 8 \times 10^0$	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
LI-2RB5-2	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(7.2 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$(6.9 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$< 8 \times 10^0$	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
LI-3RB5-1	$(9.4 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(3.0 \pm 0.7) \times 10^1$	$(3.8 \pm 0.2) \times 10^{-1}$
LI-3RB5-2	$(5.8 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(2.6 \pm 0.6) \times 10^1$	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^{-1}$

- 2号機PCV水については、Pu, ²⁴¹Am, ²⁴⁴Cmを検出。
- 3号機PCV水については、上記に加え、²⁴²Cm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、²⁴²Cm を検出。

PCV滞留水の元素分析結果

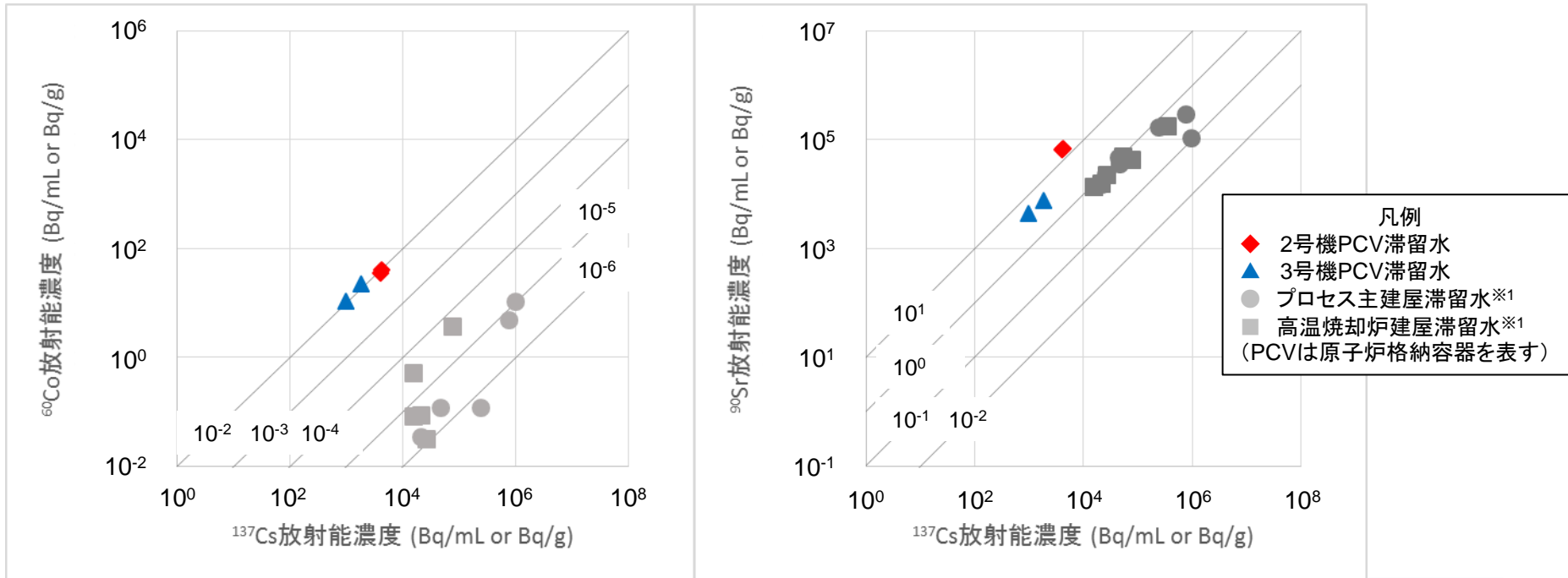
試料名	元素濃度 (mg/L)										
	Mg	Si	Ca	Mn	Fe	Sr	Ba	Na	B	Zn	Pb
LI-2RB5-1	< 5	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	< 0.25	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-2RB5-2	< 5	< 5	< 2.5	< 5	< 5	< 0.25	< 5	< 2.5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-3RB5-1	< 5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	< 0.5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	N.D.*
LI-3RB5-2	< 5	< 5	< 5	< 5	N.D.*	< 0.5	< 5	< 5	N.D.*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

—⁶⁰Co, ⁹⁰Srと¹³⁷Cs濃度の関係—



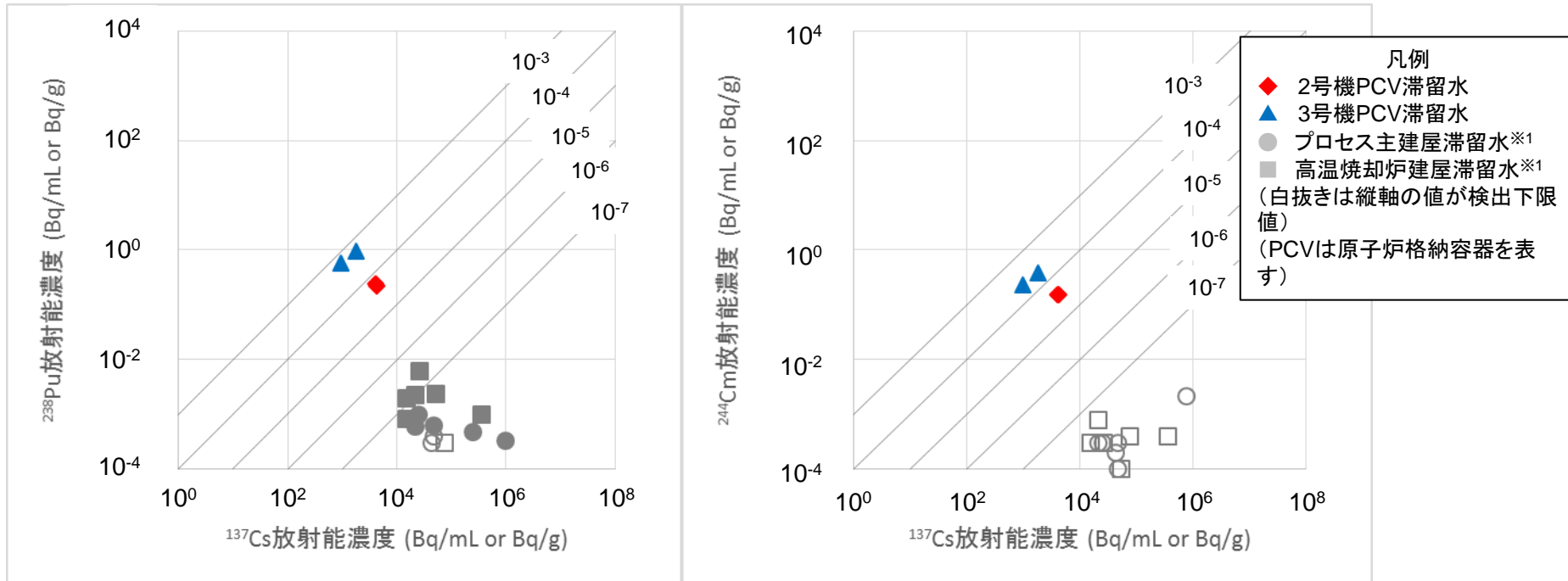
- ⁶⁰Co/¹³⁷Cs比は、2号機と3号機で同程度。⁹⁰Sr/¹³⁷Cs比は、2号機の方が3号機よりも大きい。
- 2号機及び3号機PCV滞留水の⁶⁰Co/¹³⁷Cs比及び⁹⁰Sr/¹³⁷Cs比は、集中廃棄物処理建屋（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋）滞留水よりも大きい。

⁶⁰ Co/ ¹³⁷ Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	9.4×10^{-3}	1.2×10^{-2}
燃料※3	1.4×10^{-5}	1.4×10^{-5}

⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	1.6×10^1	4.4×10^0
燃料※3	7.5×10^{-1}	7.5×10^{-1}

核種分析結果②

—²³⁸Pu, ²⁴⁴Cmと¹³⁷Cs濃度の関係—



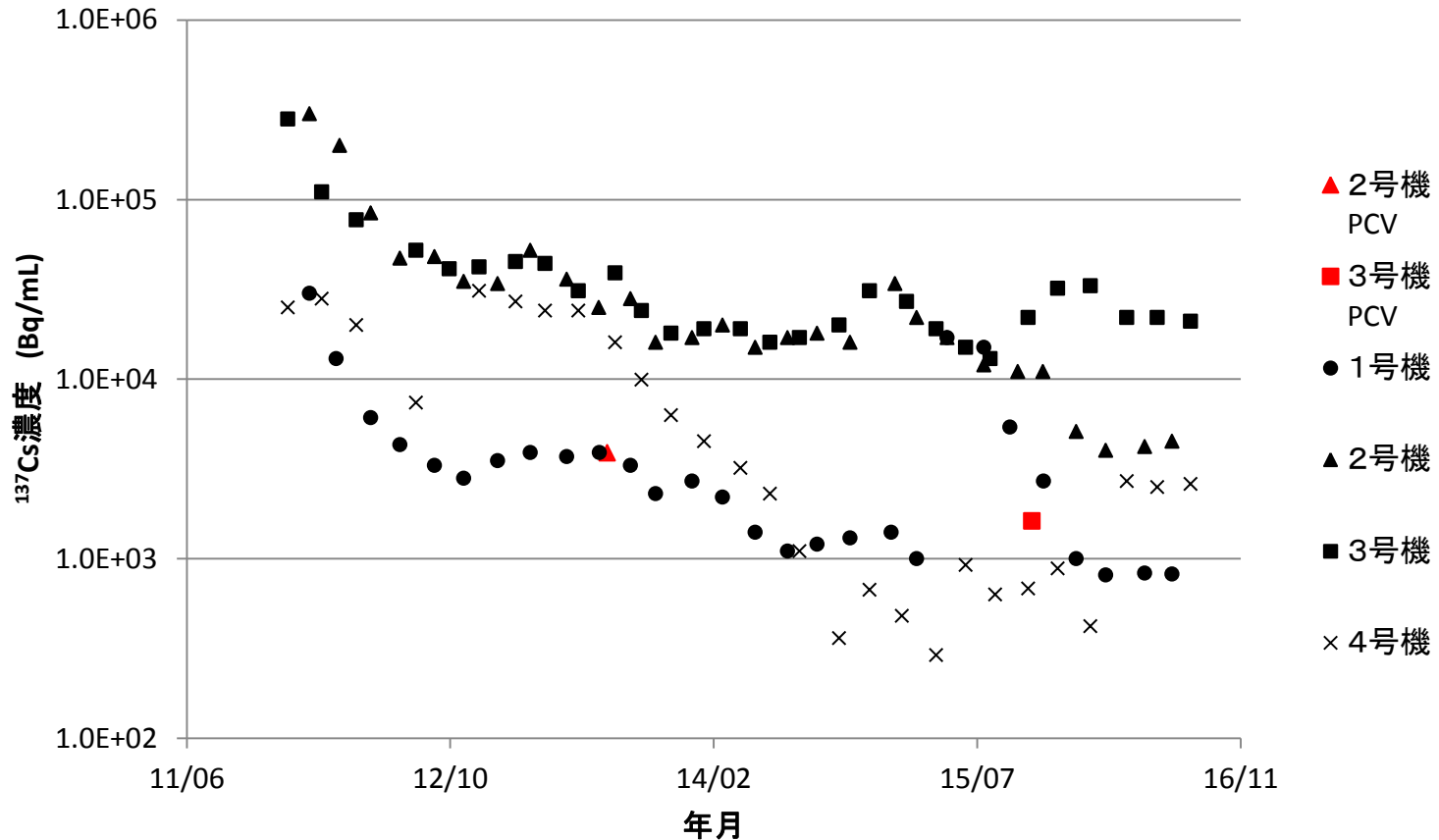
- ²³⁸Pu/¹³⁷Cs比及び²⁴⁴Cm/¹³⁷Cs比は、3号機の方が2号機よりも大きい。
- 2号機及び3号機PCV滞留水の²³⁸Pu/¹³⁷Cs比及び²⁴⁴Cm/¹³⁷Cs比は、集中廃棄物処理建屋（プロセス主建屋、高温焼却炉建屋）滞留水よりも大きい。

²³⁸ Pu/ ¹³⁷ Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	5.6×10^{-5}	5.6×10^{-4}
燃料※3	1.8×10^{-2}	2.3×10^{-2}

²⁴⁴ Cm/ ¹³⁷ Cs比	2号機PCV	3号機PCV
滞留水※2	3.7×10^{-5}	2.3×10^{-4}
燃料※3	7.5×10^{-3}	1.0×10^{-2}

核種分析結果③

—タービン建屋滞留水との¹³⁷Cs濃度の比較—



➤ 2号機と3号機の両方について、¹³⁷Cs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	³ H	⁶⁰ Co	⁹⁰ Sr	¹⁰⁶ Ru	¹²⁵ Sb	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce	¹⁵⁴ Eu	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²⁴² Cm	²⁴⁴ 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/¹³⁷Cs濃度比は、⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, ²⁴⁴Cm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²³⁵U, ²³⁸U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 <ul style="list-style-type: none"> 1～4号機タービン建屋滞留水等 滞留水(集中RW地下、高温焼却炉建屋地下) 淡水化装置濃縮水 処理水(セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置、多核種除去設備) 	51	http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110522_04-j.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120924/120924_01jj.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_02kk.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/131128_01ss.pdf 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/2016/pdf/0331_3_4f.pdf
	瓦礫 <ul style="list-style-type: none"> 1、2、3号機原子炉建屋内瓦礫 1、2号機原子炉建屋内ポーリングコア 1、3、4号機周辺瓦礫 覆土式一時保管施設で採取した瓦礫 1号機タービン建屋砂 	60	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf 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/2016/pdf/0128_3_4d.pdf
	伐採木、立木、落葉、土壌 <ul style="list-style-type: none"> 伐採木(枝、葉) 構内各所の立木(枝葉)及び落葉、土壌 	128	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140227/140227_02ww.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf
	汚染水処理二次廃棄物 <ul style="list-style-type: none"> 多核種除去設備スラリー(既設、増設) 	4	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/2016/pdf/0128_3_4d.pdf
28	汚染水処理二次廃棄物 <ul style="list-style-type: none"> 増設多核種除去設備スラリー 多核種除去設備吸着材 	3	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf
	瓦礫、スラッジ <ul style="list-style-type: none"> 1号機原子炉建屋内瓦礫 1号機タービン建屋内スラッジ 	20	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensui taisakuteam/2016/09/3-04-05.pdf
	汚染水処理設備出入口水 <ul style="list-style-type: none"> 滞留水(集中RW地下、高温焼却炉建屋地下) 処理後水(セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置、多核種除去設備) 	28	一部試料分析中、試料輸送準備中
	滞留水 <ul style="list-style-type: none"> 2、3号機PCV滞留水 1号機タービン建屋地下滞留水 	4	本報告
		8	分析中
	焼却灰 <ul style="list-style-type: none"> 焼却灰(雑固体廃棄物焼却設備) 	5	分析中
	土壌 <ul style="list-style-type: none"> 構内の土壌 	6	分析中