

平成31年4月25日修正版

修正箇所; P3, P8, P11
P13, P26

廃棄物試料の分析結果

(土壌、焼却灰、並びに水処理設備(セシウム吸着装置、
多核種除去設備)出入口水)

平成29年3月30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。

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。
- 発電所構内の汚染分布状況を把握するため、構内を20区画に分割して土壌を採取した。このうち、6区画の試料を分析した結果を報告する。
- 使用済保護衣等を焼却する雑固体廃棄物焼却設備の本格運用が2016年3月に開始された。ホット試験の焼却灰試料を初めて入手し、分析した結果を報告する。
- 水処理二次廃棄物のうちセシウム吸着装置使用済吸着材に関しては、吸着塔の構造及び高線量率の問題のため、吸着材を直接採取することが困難である。そのため、吸着装置出入口水を継続的に採取・分析している。ストロンチウム吸着機能が追加された平成26年度下期以降に採取された試料の分析結果を報告する。
- 水処理二次廃棄物のうち多核種除去設備に関しては、これまで前処理工程で発生したスラリーを分析した。吸着材の含有する放射能の推定に資するため、今回初めて増設A系列設備の処理水を系統的に採取し、分析した結果を報告する。

土壌 — 試料の性状、分析内容

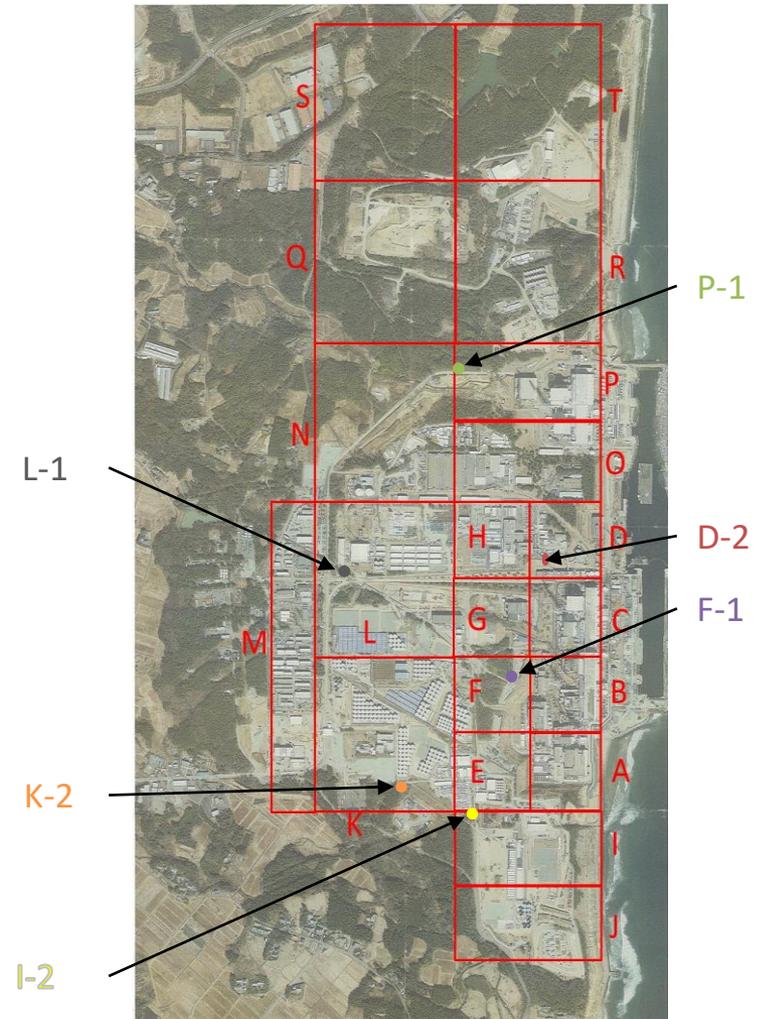
- 1F構内の汚染分布把握のために、露地から採取した土壌のうち 6 試料を分析した。

試料名	採取日	採取場所	採取深さ (cm)	重量 (g)	線量率 ^{※1} (μSv/h)
S2-D2-1	2015.3.24	Dエリア	0~5	106	13
S2-F1-1	2015.3.30	Fエリア	0~5	106	8
S2-I2-1	2015.4.16	Iエリア	0~5	105	6
S2-K2-1	2015.3.16	Kエリア	0~5	105	< 0.5
S2-L1-1	2015.4.20	Lエリア	0~5	106	< 0.5
S2-P1-1	2015.5.8	Pエリア	0~5	110	6

- 以下の核種を分析した。

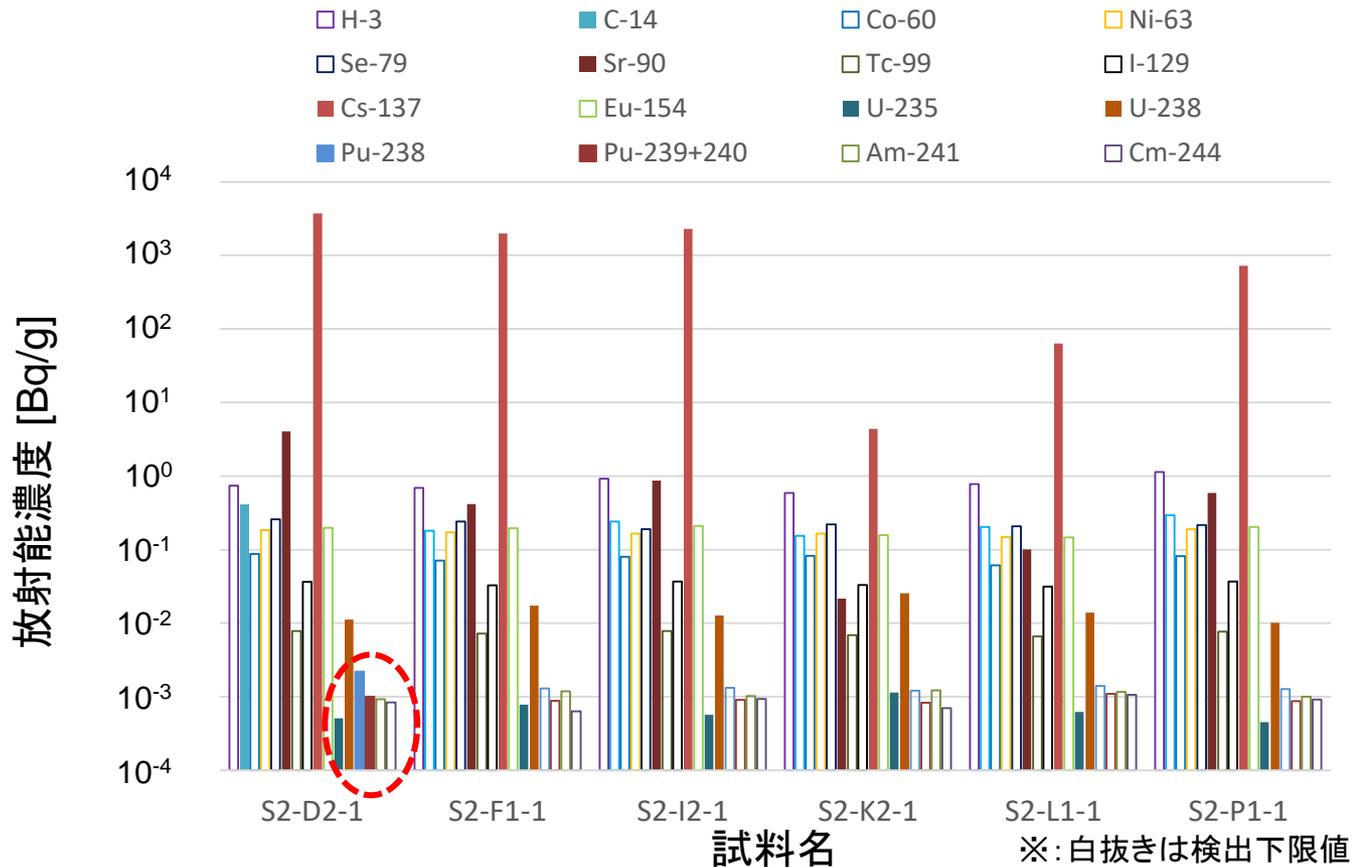
❖ ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm

- 元素、TOC(全有機炭素)、粒度分布を分析した。



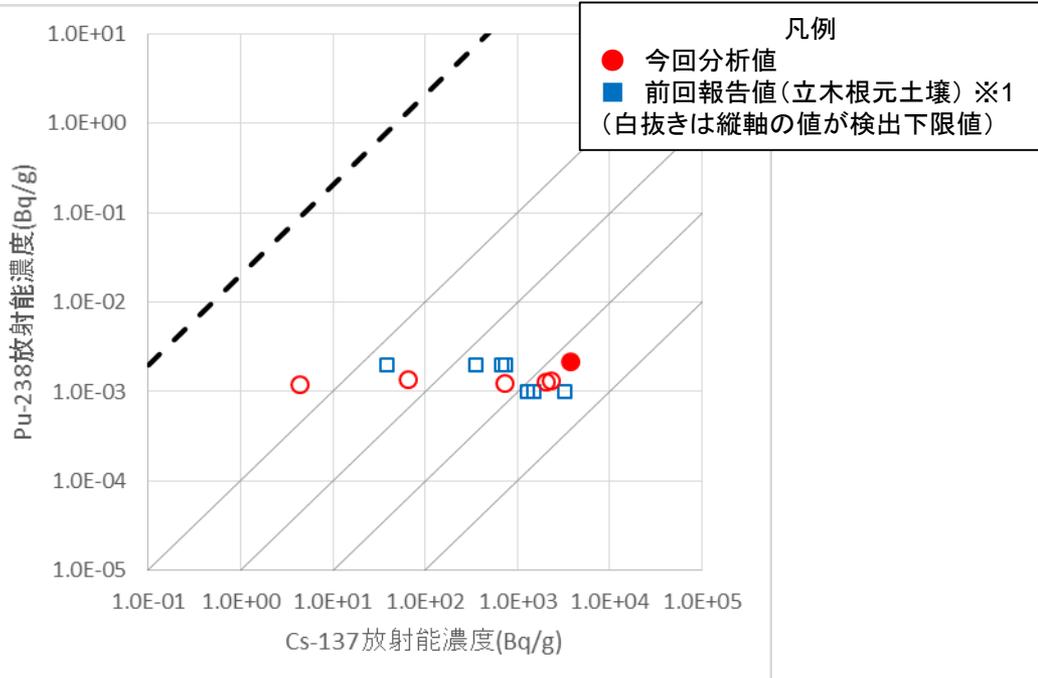
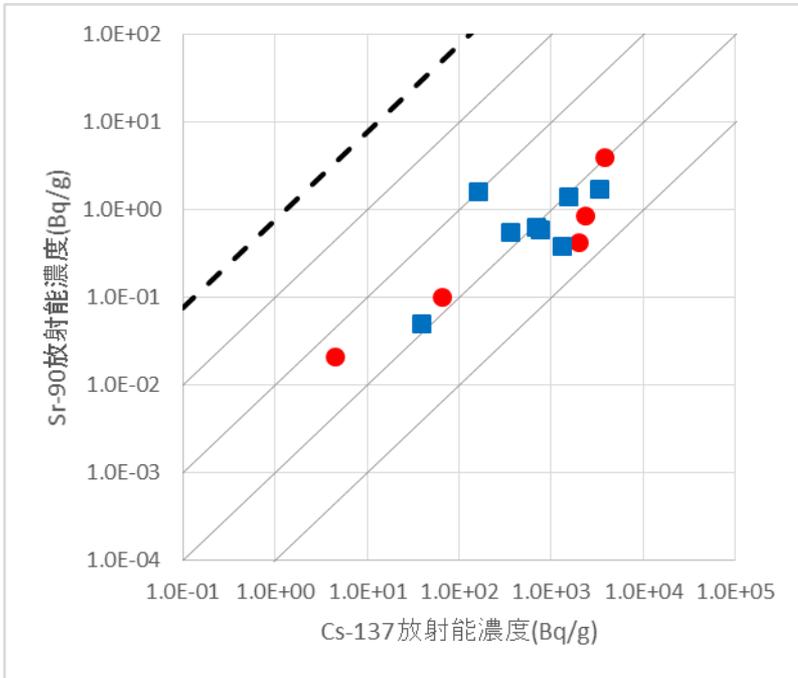
土壌試料採取場所

土壌 - 放射能



- ^{137}Cs が主な線源であり、原子炉建屋近辺の試料では ^{137}Cs が $1 \times 10^3 \text{ Bq/g}$ 以上であった。
- ^{90}Sr 、 ^{235}U 、 ^{238}U が全ての試料で検出された。 ^{137}Cs 濃度が最も高い試料から、 ^{14}C と ^{238}Pu が検出された。
- ^3H 、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{79}Se 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、 ^{154}Eu 、 ~~$^{239+240}\text{Pu}$~~ 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm は全ての試料で不検出であった。

既往の土壌データとの比較 —⁹⁰Sr, ²³⁸Puと¹³⁷Cs濃度の関係—



- ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs比のばらつきは 1 桁あまりであり、既往の報告値※2よりも大きい。
- ²³⁸Pu濃度はほとんどが検出下限値未満あるいは 10⁻³ Bq/g 程度のごく低い濃度であった。
²³⁸Pu/¹³⁷Cs比は、燃料より4桁以上小さく、燃料からのPuの移行はCsに比べて小さい。

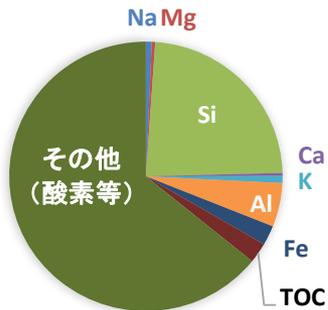
	1号機	2号機	3号機
燃料での ⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs比※2	7.4 × 10 ⁻¹	7.5 × 10 ⁻¹	7.5 × 10 ⁻¹

	1号機	2号機	3号機
燃料での ²³⁸ Pu/ ¹³⁷ Cs比※2	2.3 × 10 ⁻²	1.8 × 10 ⁻²	2.3 × 10 ⁻²

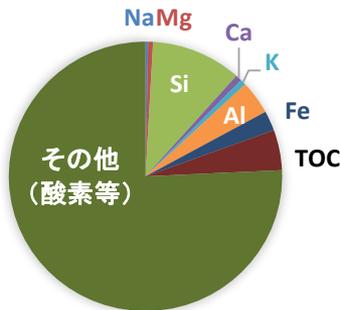
土壌 — 元素組成、TOC分析

試料名	元素 [mg/g]							TOC [mg/g]
	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
S2-D2-1	6.9	4.0	52.6	235	8.5	3.6	23.4	24.4
S2-F1-1	6.7	3.2	62.1	258	10.8	2.3	30.3	15.5
S2-I2-1	3.1	5.8	40.4	107	6.7	7.6	23.7	48.4
S2-K2-1	3.1	3.7	60.3	183	8.2	24.2	31.7	24.9
S2-L1-1	6.6	3.6	44.5	175	8.7	3.0	18.2	28.9
S2-P1-1	6.4	4.1	51.1	194	7.4	7.6	20.7	30.7

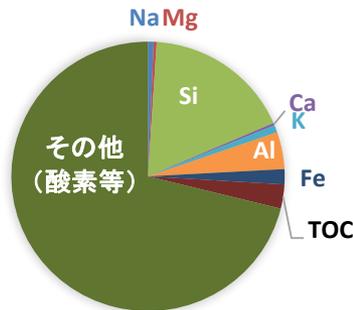
S2-D2-1



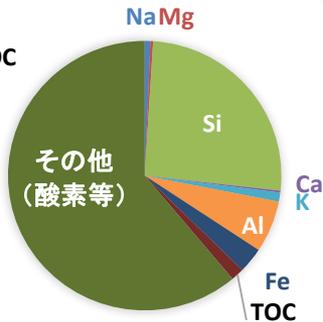
S2-I2-1



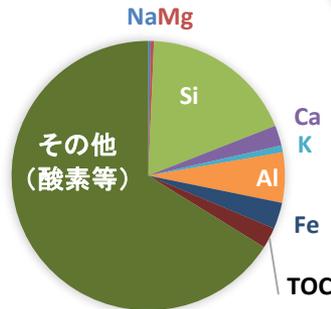
S2-L1-1



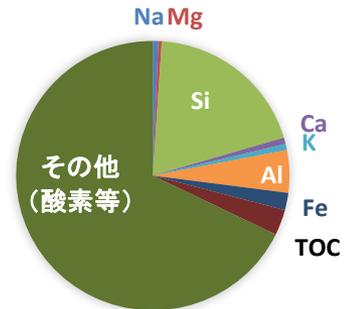
S2-F1-1



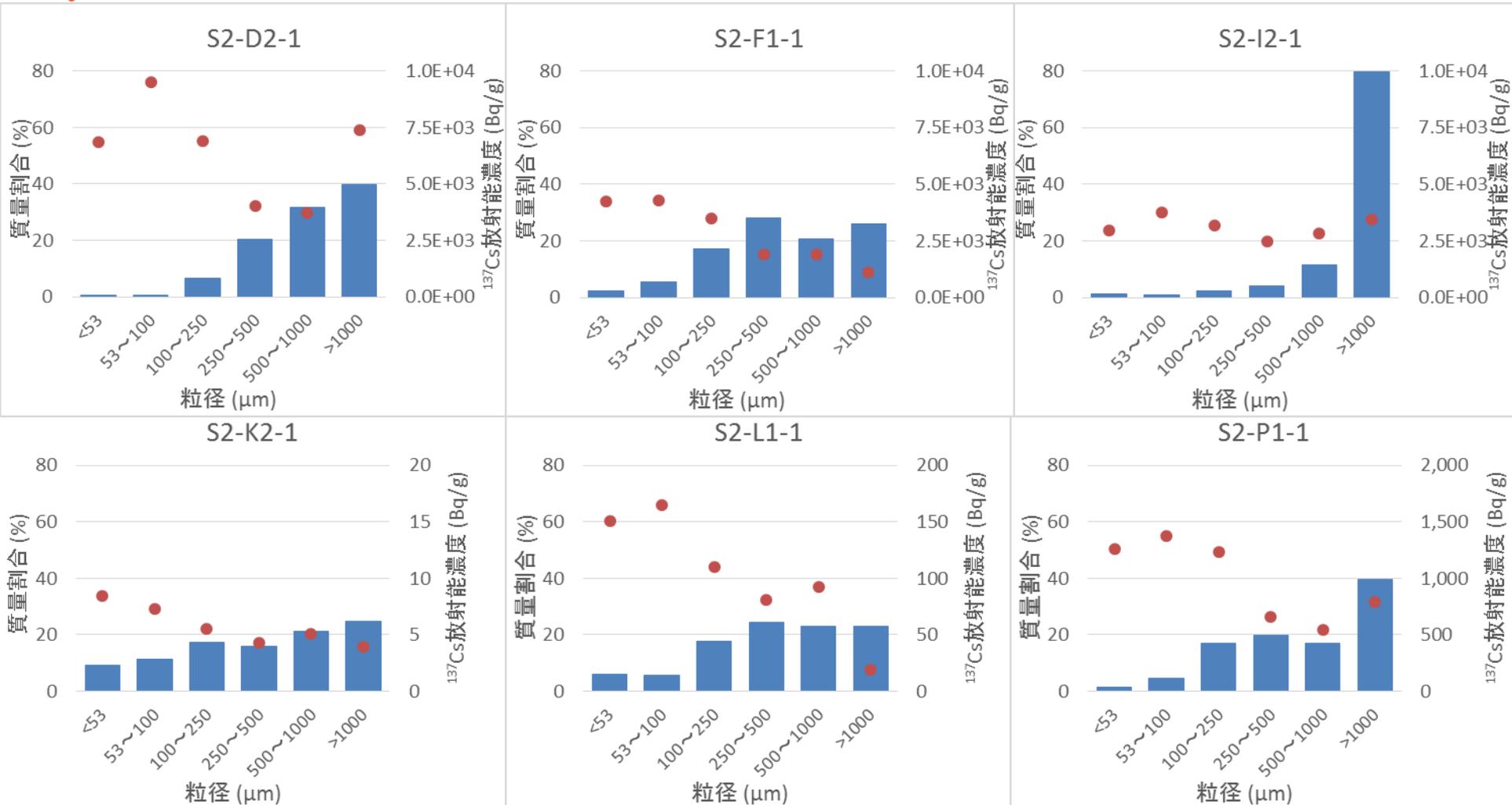
S2-K2-1



S2-P1-1



土壌 — 粒度分布※1および¹³⁷Cs濃度



➤ ¹³⁷Csは粘土によく吸着するといわれており、相当する53-100 μ mにはそのような傾向がみられる。大きな径(>1000 μ m)の粒子で¹³⁷Cs濃度が高い場合があり、小さな粘土粒子が付着した団粒を形成している可能性が考えられる。

土壌 — 核種分析結果①

試料名	放射能濃度[Bq/g]				
	³ H (約12年)	¹⁴ C (約 5.7×10^3 年)	⁶⁰ Co (約5.3年)	⁶³ Ni (約 1.0×10^2 年)	⁷⁹ Se (約 6.5×10^4 年)
S2-D2-1	$< 8 \times 10^{-1}$	$(4.1 \pm 0.7) \times 10^{-1}$	$< 9 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$
S2-F1-1	$< 7 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 8 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$
S2-I2-1	$< 1 \times 10^0$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 8 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
S2-K2-1	$< 6 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 9 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$
S2-L1-1	$< 8 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$
S2-P1-1	$< 2 \times 10^0$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 9 \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$

試料名	放射能濃度[Bq/g]				
	⁹⁰ Sr (約29年)	⁹⁹ Tc (約 2.1×10^5 年)	¹²⁹ I (約 1.6×10^7 年)	¹³⁷ Cs (約30年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)
S2-D2-1	$(4.0 \pm 0.1) \times 10^0$	$< 8 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(4.0 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 2 \times 10^{-1}$
S2-F1-1	$(4.2 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 8 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 2 \times 10^{-1}$
S2-I2-1	$(8.7 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 8 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 3 \times 10^{-1}$
S2-K2-1	$(2.2 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$< 7 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(4.4 \pm 0.1) \times 10^0$	$< 2 \times 10^{-1}$
S2-L1-1	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$< 7 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(6.4 \pm 0.1) \times 10^1$	$< 2 \times 10^{-1}$
S2-P1-1	$(5.9 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 8 \times 10^{-3}$	$< 4 \times 10^{-2}$	$(7.3 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 3 \times 10^{-1}$

- ¹³⁷Csと⁹⁰Srは全ての試料から、また、¹⁴Cは¹³⁷Cs濃度の最も高い試料で検出された。
- ³H、⁶⁰Co、⁶³Ni、⁷⁹Se、⁹⁹Tc、¹²⁹I、¹⁵⁴Euはすべての試料で不検出であった。

土壌 — 核種分析結果②

試料名	放射能濃度[Bq/g]		$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比
	^{235}U (約 7.0×10^8 年)	^{238}U (約 4.5×10^9 年)	
S2-D2-1	$(5.1 \pm 0.2) \times 10^{-4}$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.6×10^{-2}
S2-F1-1	$(7.8 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.5×10^{-2}
S2-I2-1	$(5.7 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	$(1.3 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.5×10^{-2}
S2-K2-1	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-3}$	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.5×10^{-2}
S2-L1-1	$(6.2 \pm 0.2) \times 10^{-4}$	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.5×10^{-2}
S2-P1-1	$(4.5 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	4.5×10^{-2}

試料名	放射能濃度[Bq/g]			
	^{238}Pu (約88年)	$^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ (約 2.4×10^4 年、約 6.6×10^3 年)	^{241}Am (約 4.3×10^2 年)	^{244}Cm (約18年)
S2-D2-1	$(2.2 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(1.0 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-3}$	$< 9 \times 10^{-4}$
S2-F1-1	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 7 \times 10^{-4}$
S2-I2-1	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-3}$
S2-K2-1	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 9 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 8 \times 10^{-4}$
S2-L1-1	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$
S2-P1-1	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-3}$

- ^{235}U 、 ^{238}U は全ての試料で検出された。 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比は天然Uの値(4.7×10^{-2})に近い。
- ^{238}Pu は ^{137}Cs 濃度の最も高い試料から検出された。 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm は不検出であった。

土壌－ 粒度分布

試料名	粒度分布 ^{*1} [%]					
	<53μm	53-100μm	100-250μm	250-500μm	500-1000μm	>1000μm
S2-D2-1	0.6	0.5	6.7	20.5	31.7	39.9
S2-F1-1	2.3	5.5	17.3	28.3	20.7	25.9
S2-I2-1	1.2	1.0	2.4	4.0	11.6	79.8
S2-K2-1	9.2	11.2	17.5	16.0	21.3	24.7
S2-L1-1	6.2	5.6	17.6	24.6	23.0	23.0
S2-P1-1	1.4	4.7	17.2	19.9	17.2	39.6

試料名	¹³⁷ Cs放射能濃度 [Bq/g]					
	<53μm	53-100μm	100-250μm	250-500μm	500-1000μm	>1000μm
S2-D2-1	6.9×10^3	9.5×10^3	6.9×10^3	4.0×10^3	3.7×10^3	7.4×10^3
S2-F1-1	4.2×10^3	4.3×10^3	3.5×10^3	1.9×10^3	1.9×10^3	1.1×10^3
S2-I2-1	3.0×10^3	3.8×10^3	3.2×10^3	2.5×10^3	2.8×10^3	3.5×10^3
S2-K2-1	8.4×10^0	7.3×10^0	5.6×10^0	4.3×10^0	5.1×10^0	4.0×10^0
S2-L1-1	1.5×10^2	1.7×10^2	1.1×10^2	8.1×10^1	9.2×10^1	2.0×10^1
S2-P1-1	1.3×10^3	1.4×10^3	1.2×10^3	6.6×10^2	5.5×10^2	7.9×10^2

焼却灰 — 試料の性状

- 雑固体焼却設備の運用に先立ち、H28年2月8日から3月3日に実施されたホット試験にて採取された試料を分析した。

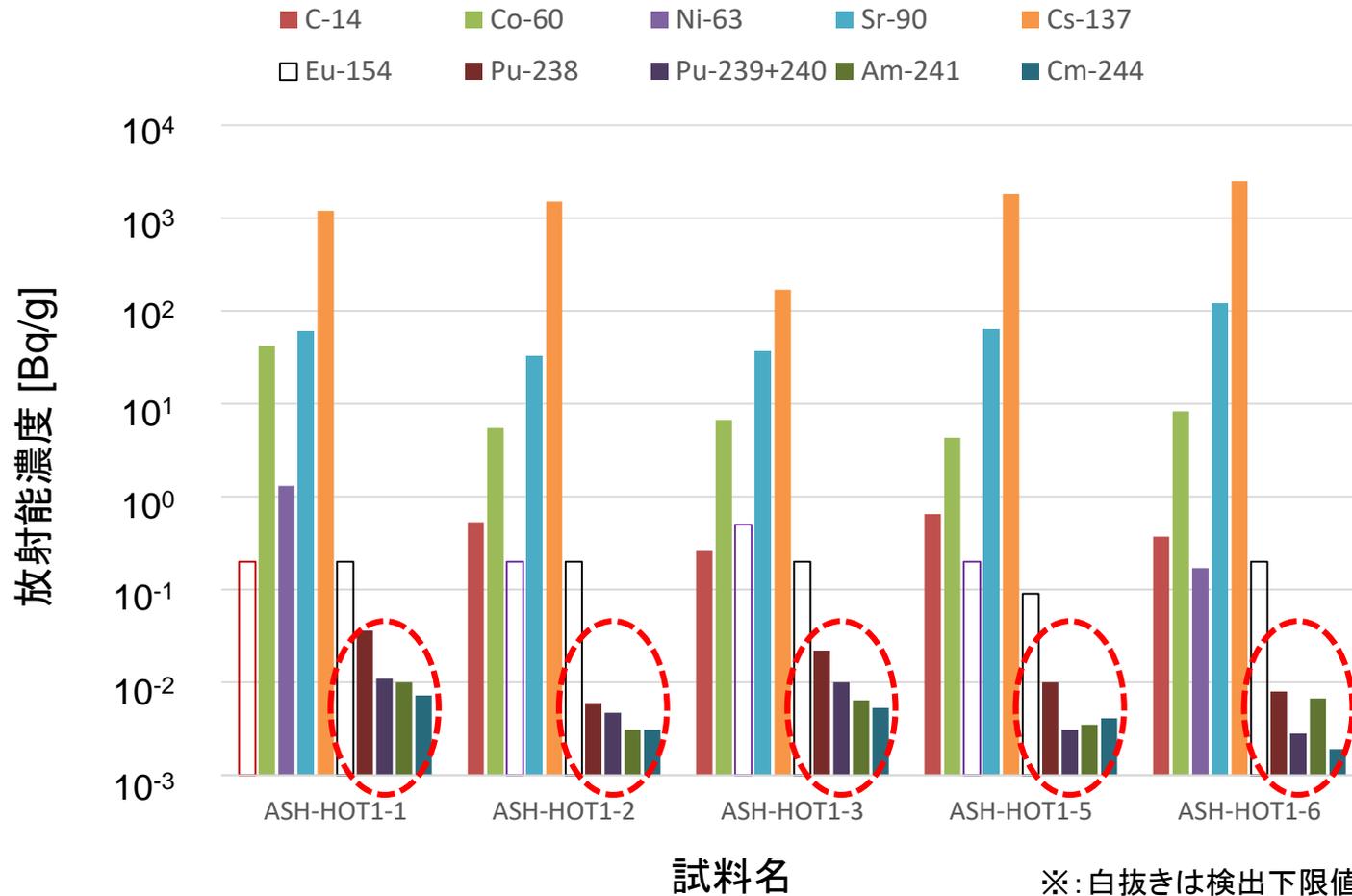
試料名	採取日	採取場所	重量 (g)	線量率 ^{※1} (μSv/h)
ASH-HOT1-1	H28.2.26	雑固体焼却設備	102	4
ASH-HOT1-2	H28.2.28	雑固体焼却設備	103	5
ASH-HOT1-3	H28.2.28	雑固体焼却設備	106	1
ASH-HOT1-5	H28.3.1	雑固体焼却設備	104	6
ASH-HOT1-6	H28.3.1	雑固体焼却設備	102	9

- 以下の核種を分析した。

❖ ^{14}C , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm

- 元素、TOC(全有機炭素)を分析した。

焼却灰 — 放射能

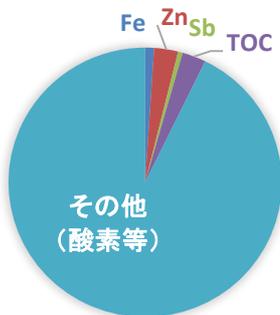


➤ ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 α 核種は全ての試料で検出された。 ^{14}C は4試料で、 ^{63}Ni は ^{60}Co 濃度が高い2試料で検出された。 ^{154}Eu はすべての試料で不検出であった。

焼却灰 — 元素、TOC分析結果

試料名	Fe	Zn	Sr	Zr	Sb	Pb	TOC
	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)
ASH-HOT1-1	1.05×10^1	2.83×10^1	2.37×10^{-1}	2.87×10^{-1}	5.53×10^0	1.89×10^{-1}	2.8×10^1
ASH-HOT1-2	6.96×10^0	1.43×10^1	1.99×10^{-1}	1.28×10^{-1}	3.73×10^0	1.05×10^{-1}	6.0×10^1
ASH-HOT1-3	1.25×10^1	1.04×10^1	2.14×10^{-1}	1.44×10^{-1}	8.70×10^{-1}	8.53×10^{-2}	2.4×10^1
ASH-HOT1-5	3.36×10^0	1.25×10^1	2.56×10^{-1}	2.23×10^{-1}	3.10×10^0	1.02×10^{-1}	5.0×10^1
ASH-HOT1-6	3.73×10^0	7.15×10^0	2.66×10^{-1}	3.55×10^{-1}	2.46×10^0	8.99×10^{-2}	4.7×10^1

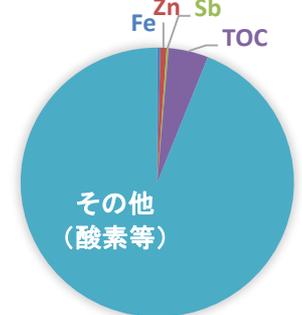
ASH-HOT1-1



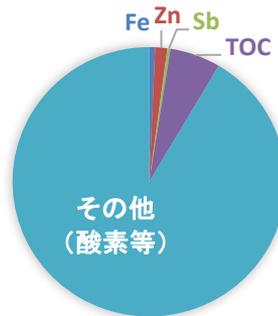
ASH-HOT1-3



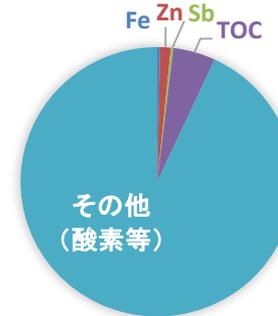
ASH-HOT1-6



ASH-HOT1-2



ASH-HOT1-5



焼却灰 — 核種分析結果

試料名	放射能濃度[Bq/g]					
	¹⁴ C (約5.7×10 ³ 年)	⁶⁰ Co (約5.3年)	⁶³ Ni (約1.0×10 ² 年)	⁹⁰ Sr (約29年)	¹³⁷ Cs (約30年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)
ASH-HOT1-1	< 2 × 10 ⁻¹	(4.2±0.1) × 10 ¹	(1.3±0.1) × 10 ⁰	(6.1±0.1) × 10 ¹	(1.2±0.1) × 10 ³	< 2 × 10 ⁻¹
ASH-HOT1-2	(5.3±0.9) × 10 ⁻¹	(5.5±0.4) × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁻¹	(3.3±0.1) × 10 ¹	(1.5±0.1) × 10 ³	< 2 × 10 ⁻¹
ASH-HOT1-3	(2.6±0.7) × 10 ⁻¹	(6.7±0.4) × 10 ⁰	< 5 × 10 ⁻¹	(3.7±0.1) × 10 ¹	(1.7±0.1) × 10 ²	< 2 × 10 ⁻¹
ASH-HOT1-5	(6.5±1.1) × 10 ⁻¹	(4.3±0.4) × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁻¹	(6.4±0.1) × 10 ¹	(1.8±0.1) × 10 ³	< 9 × 10 ⁻²
ASH-HOT1-6	(3.7±0.9) × 10 ⁻¹	(8.3±0.5) × 10 ⁰	(1.7±0.5) × 10 ⁻¹	(1.2±0.1) × 10 ²	(2.5±0.1) × 10 ³	< 2 × 10 ⁻¹

試料名	放射能濃度[Bq/g]			
	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)	²⁴⁴ Cm (約18年)
ASH-HOT1-1	(3.6±0.2) × 10 ⁻²	(1.1±0.1) × 10 ⁻²	(1.0±0.1) × 10 ⁻²	(7.2±0.8) × 10 ⁻³
ASH-HOT1-2	(6.0±0.7) × 10 ⁻³	(4.7±0.6) × 10 ⁻³	(3.1±0.5) × 10 ⁻³	(3.1±0.5) × 10 ⁻³
ASH-HOT1-3	(2.2±0.2) × 10 ⁻²	(1.0±0.1) × 10 ⁻²	(6.4±0.7) × 10 ⁻³	(5.3±0.7) × 10 ⁻³
ASH-HOT1-5	(1.0±0.1) × 10 ⁻²	(3.1±0.5) × 10 ⁻³	(3.5±0.5) × 10 ⁻³	(4.1±0.5) × 10 ⁻³
ASH-HOT1-6	(8.0±0.8) × 10 ⁻³	(2.8±0.5) × 10 ⁻³	(6.7±0.7) × 10 ⁻³	(1.9±0.4) × 10 ⁻³

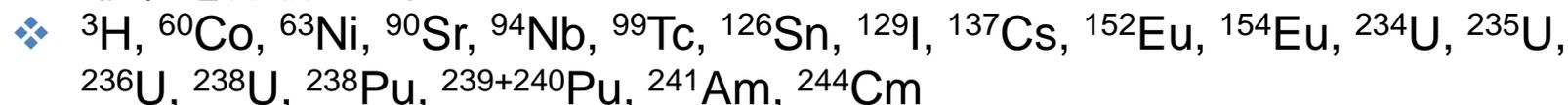
- ⁶⁰Co、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、Pu、²⁴¹Am、²⁴⁴Cmはすべての試料で検出された。
- ¹⁴Cは4試料で、⁶³Niは2試料で検出された。¹⁵⁴Euはすべての試料で不検出であった。

セシウム吸着装置出入口水 — 試料の性状、分析内容

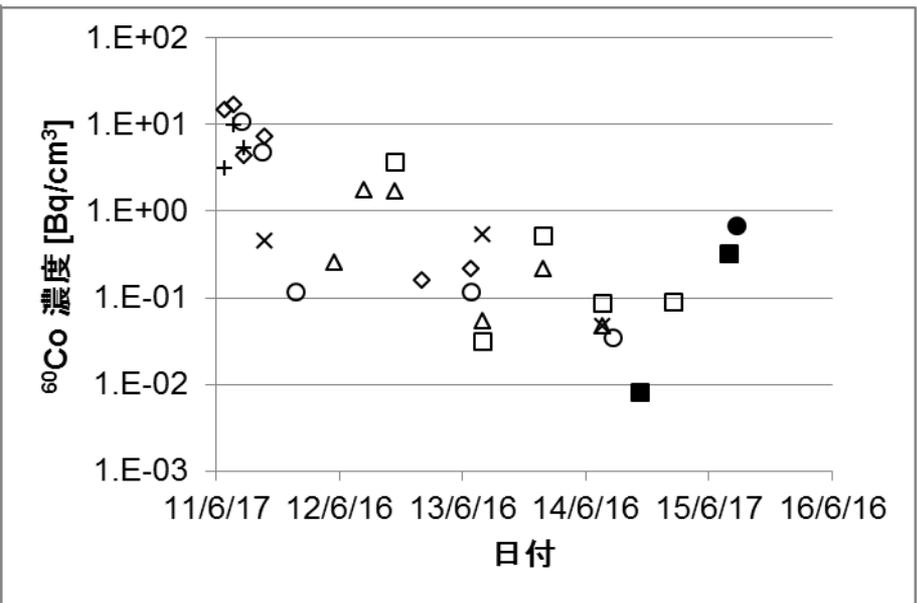
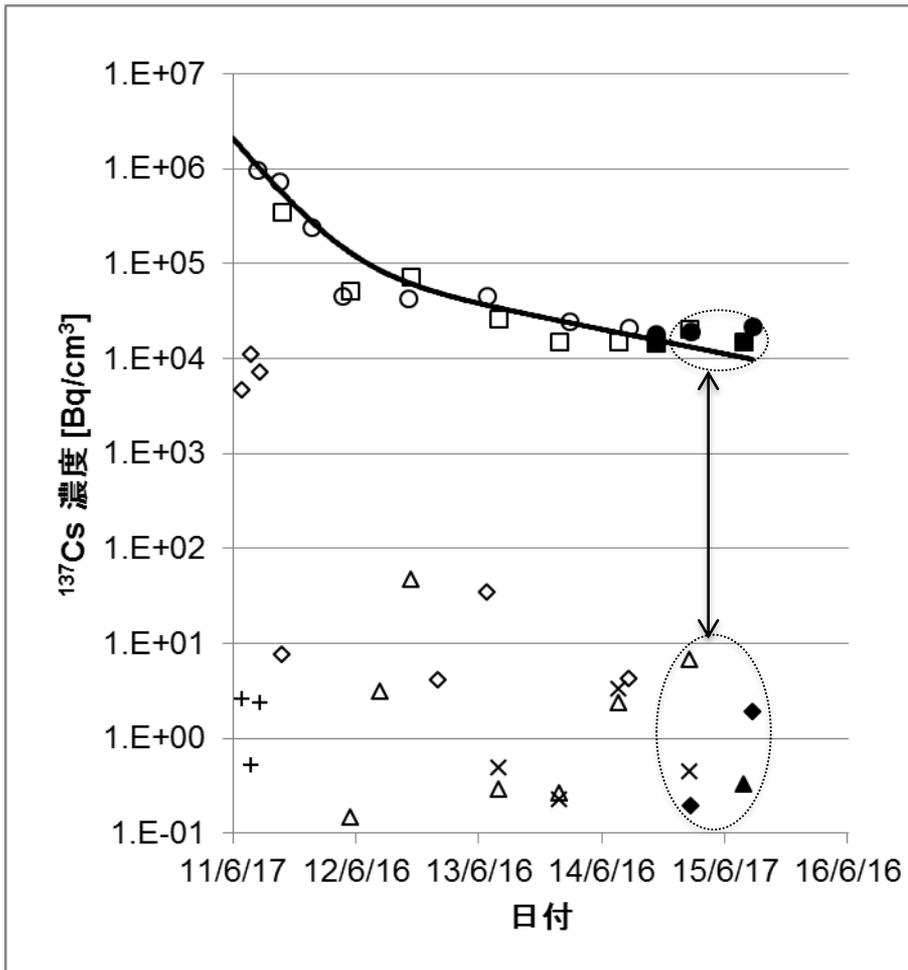
- セシウム吸着装置に関して、これまで、入口と出口水の核種濃度を半年毎に試料を採取し分析してきており、平成26年度下半期以降に採取した試料を分析した。

試料名		採取日	採取場所	固体分	線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
セシウム吸着装置 入口水	LI-RW4-1	H26.11.25	集中RW地下	無	42 ^{※1}
	LI-HTI4-1	H26.11.25	HTI/B地下	無	36 ^{※1}
	LI-RW4-2	H27.3.9	集中RW地下	無	47 ^{※1}
	LI-RW6-1	H27.9.6	集中RW地下	無	14 ^{※2}
	LI-SA6-5	H27.8.13	第2セシウム吸着装置F-2出口	無	13 ^{※2}
セシウム吸着装置 中間水	LI-KU4-2	H27.3.9	セシウム吸着装置H2-2出口	無	6.3 ^{※1}
	LI-KU6-1	H27.9.6	セシウム吸着装置H2-3出口	無	3.1 ^{※2}
	LI-SA6-6	H27.8.13	第2セシウム吸着装置S-2B出口	無	1.8 ^{※2}
	LI-SA6-7	H27.8.13	第2セシウム吸着装置S-3B出口	無	1.2 ^{※2}
セシウム吸着装置 出口水	LI-KU4-3	H27.3.9	セシウム吸着装置出口	無	2.5 ^{※1}
	LI-KU6-2	H27.9.6	セシウム吸着装置出口	無	1.2 ^{※2}
	LI-SA6-8	H27.8.13	第2セシウム吸着装置S-1B出口	無	1.2 ^{※2}

- 以下の核種を分析した。



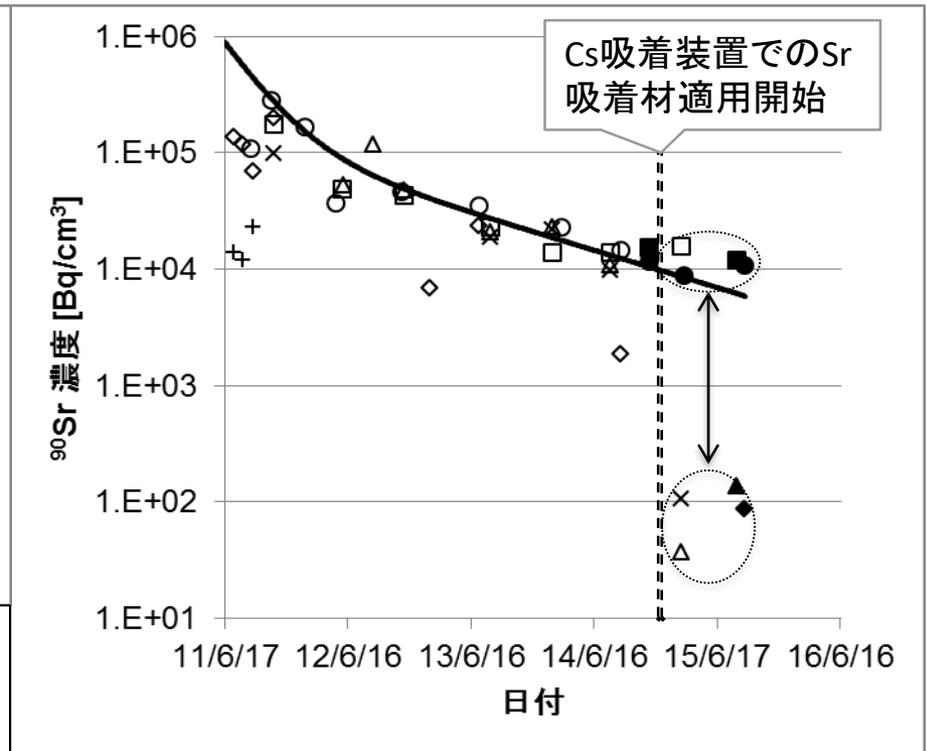
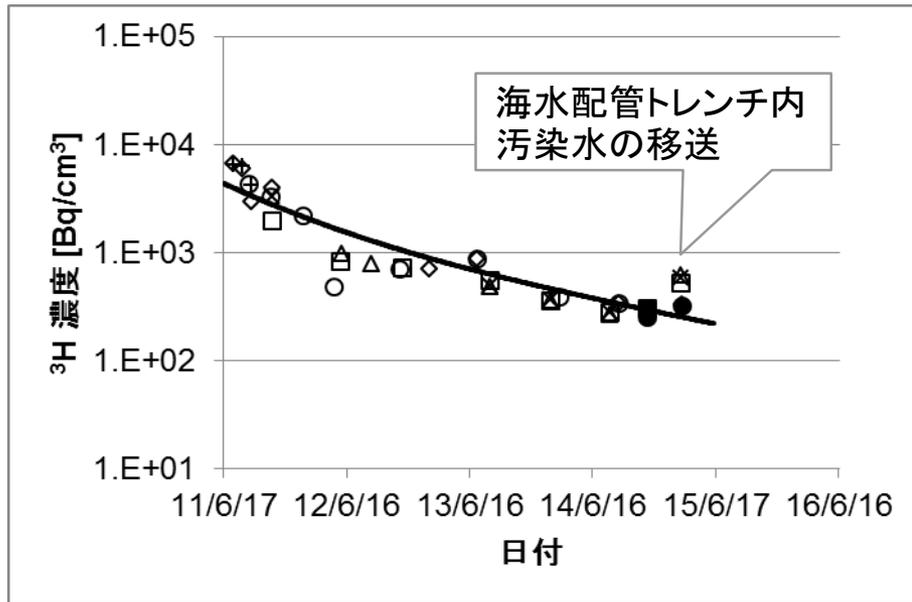
セシウム吸着装置出入口水 — ^{137}Cs , ^{60}Co 分析結果



- : Cs吸着装置入口水(今回)
- : 第二Cs吸着装置入口水(今回)
- ◆ : Cs吸着装置出口水(今回)
- × : 第二Cs吸着装置A系出口水(既報告)
- △ : 第二Cs吸着装置B系出口水(既報告)
- +
- : (既報告)
- : (既報告)
- ◇ : (既報告)

➤ ^{137}Cs は入口水濃度の低下が鈍化している。
 ➤ ^{60}Co は入口水濃度のばらつきが大きい。

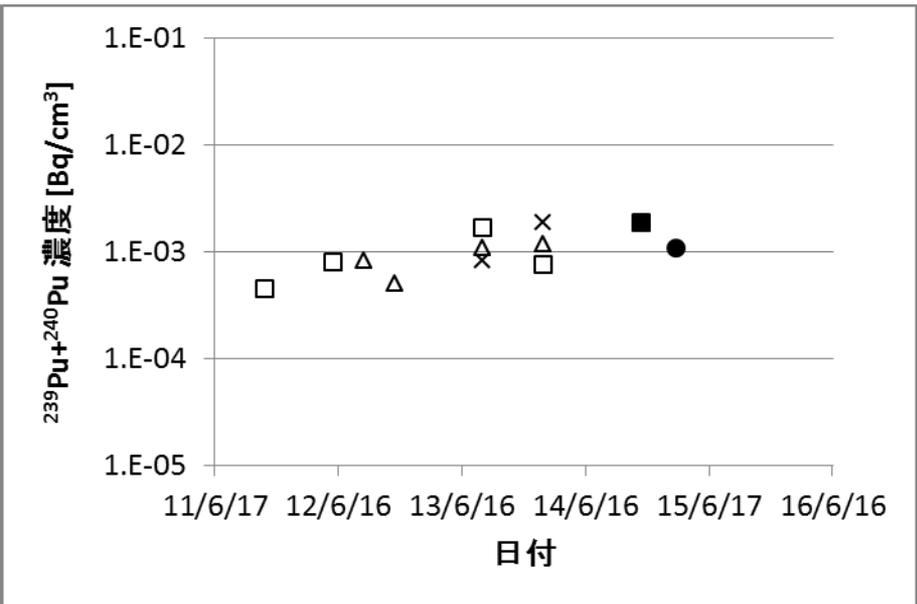
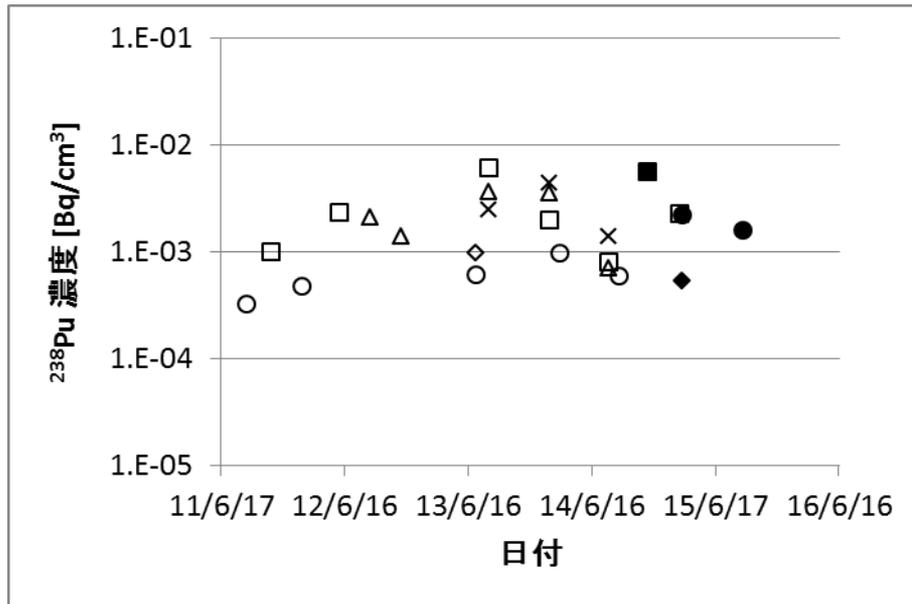
セシウム吸着装置出入口水 — ^3H , ^{90}Sr 分析結果



- : Cs吸着装置入口水(今回) ○ : (既報告)
- : 第二Cs吸着装置入口水(今回) □ : (既報告)
- ◆ : Cs吸着装置出口水(今回) ◇ : (既報告)
- × : 第二Cs吸着装置A系出口水(既報告)
- △ : 第二Cs吸着装置B系出口水(既報告)
- ⊕ : 除染装置出口水(既報告)

- 2015年3月の ^3H 濃度は、 ^3H 濃度が高い海水配管トレンチ内汚染水の移送の影響により上昇したと考えられる。
- ^{90}Sr は、濃度の低下が鈍化傾向にある。また、Sr吸着材適用後のCs吸着装置ではSr除去が認められ、出口での ^{90}Sr 濃度が入口濃度の約百分の一に低下している。

セシウム吸着装置出入口水 — Pu分析結果



- : Cs吸着装置入口水(今回)
- : 第二Cs吸着装置入口水(今回)
- ◆: Cs吸着装置出口水(今回)
- ×: 第二Cs吸着装置A系出口水(既報告)
- △: 第二Cs吸着装置B系出口水(既報告)
- : (既報告)
- : (既報告)
- ◇: (既報告)

➤ Puは、これまでと同程度で推移している。

➤ HTI滞留水(第二Cs吸着装置入口水)の方が集中RW滞留水(Cs吸着装置入口水)よりも濃度が高い傾向にある。

セシウム吸着装置出入口水 — 核種分析結果①

試料名		放射能濃度[Bq/cm ³]				
		⁶⁰ Co (約5.3年)	⁹⁴ Nb (約2.0×10 ⁴ 年)	¹³⁷ Cs (約30年)	¹⁵² Eu (約14年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)
Cs吸着装置 入口水	LI-RW4-1	< 5 × 10 ⁻¹	< 3 × 10 ⁻¹	(2.0±0.1) × 10 ⁴	< 2 × 10 ⁰	< 9 × 10 ⁻¹
	LI-HTI4-1	(1.3±0.2) × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻²	(1.6±0.1) × 10 ⁴	< 2 × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻¹
	LI-RW4-2	< 4 × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻¹	(2.1±0.1) × 10 ⁴	< 2 × 10 ⁰	< 8 × 10 ⁻¹
	LI-RW6-1	(6.8±0.4) × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(2.2±0.1) × 10 ⁴	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
	LI-SA6-5	(3.3±0.4) × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(1.5±0.1) × 10 ⁴	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
Cs吸着装置 中間水	LI-KU4-2	< 5 × 10 ⁻¹	< 5 × 10 ⁻²	(1.6±0.1) × 10 ¹	< 3 × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻¹
	LI-KU6-1	(1.2±0.1) × 10 ⁰	< 7 × 10 ⁻²	(2.3±0.1) × 10 ¹	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
	LI-SA6-6	(1.5±0.4) × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(1.2±0.1) × 10 ⁰	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
	LI-SA6-7	< 2 × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(3.0±0.3) × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
Cs吸着装置 出口水	LI-KU4-3	< 7 × 10 ⁻²	< 3 × 10 ⁻²	(2.1±0.2) × 10 ⁻¹	< 3 × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻¹
	LI-KU6-2	< 2 × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(1.9±0.1) × 10 ⁰	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
	LI-SA6-8	< 2 × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻²	(3.3±0.3) × 10 ⁻¹	< 7 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹

- ⁶⁰Coは5試料で検出された。¹³⁷Csは全ての試料で検出された。
- ⁹⁴Nb, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Euは全ての試料で不検出であった。

セシウム吸着装置出入口水 — 核種分析結果②

試料名		放射能濃度[Bq/cm ³]						
		³ H (約12年)	⁶³ Ni (約1.0×10 ² 年)	⁷⁹ Se (約6.5×10 ⁴ 年)	⁹⁰ Sr (約29年)	⁹⁹ Tc (約2.1×10 ⁵ 年)	¹²⁶ Sn (約1.0×10 ⁵ 年)	¹²⁹ I (約1.6×10 ⁷ 年)
Cs吸着装置 入口水	LI-RW4-1	(3.1±0.1)×10 ²	/	/	(1.3±0.1)×10 ⁴	/	/	/
	LI-HTI4-1	(3.7±0.1)×10 ²	/	/	(1.7±0.1)×10 ⁴	/	/	/
	LI-RW4-2	(4.0±0.1)×10 ²	/	/	(9.8±0.2)×10 ³	/	/	/
	LI-RW6-1	/	(5.5±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.1±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
	LI-SA6-5	/	(4.4±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.2±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
Cs吸着装置 中間水	LI-KU4-2	(4.1±0.1)×10 ²	/	/	(9.9±0.2)×10 ³	/	/	/
	LI-KU6-1	/	(6.2±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.0±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
	LI-SA6-6	/	(1.6±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(6.1±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
	LI-SA6-7	/	(1.1±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(5.9±0.1)×10 ¹	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
Cs吸着装置 出口水	LI-KU4-3	(4.1±0.1)×10 ²	/	/	(9.6±0.3)×10 ⁰	/	/	/
	LI-KU6-2	/	(5.9±0.8)×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	(8.8±0.1)×10 ¹	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
	LI-SA6-8	/	(1.0±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.4±0.1)×10 ²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²

- ³H, ⁶³Ni, ⁹⁰Srは測定した全ての試料で検出された。
- ⁷⁹Se, ⁹⁹Tc, ¹²⁶Sn, ¹²⁹Iは測定した全ての試料で不検出であった。

セシウム吸着装置出入口水 — 核種分析結果③

試料名		放射能濃度 [Bq/cm ³]				²³⁵ U/ ²³⁸ U比
		²³⁴ U (約2.5 × 10 ⁵ 年)	²³⁵ U (約7.0 × 10 ⁸ 年)	²³⁶ U (約2.3 × 10 ⁷ 年)	²³⁸ U (約4.5 × 10 ⁹ 年)	
Cs吸着装置 入口水	LI-RW4-1	(2.0±0.2) × 10 ⁻⁵	(4.8±0.2) × 10 ⁻⁷	(2.5±0.1) × 10 ⁻⁶	(4.3±0.1) × 10 ⁻⁶	1.1 × 10 ⁻¹
	LI-HTI4-1	(5.7±0.6) × 10 ⁻⁵	(1.6±0.1) × 10 ⁻⁶	(9.0±0.5) × 10 ⁻⁶	(1.4±0.1) × 10 ⁻⁵	1.1 × 10 ⁻¹
	LI-RW4-2	(5.4±0.3) × 10 ⁻⁵	(1.2±0.1) × 10 ⁻⁶	(7.0±0.3) × 10 ⁻⁶	(1.0±0.1) × 10 ⁻⁵	1.2 × 10 ⁻¹
Cs吸着装置 中間水	LI-KU4-2	(5.4±0.3) × 10 ⁻⁵	(1.2±0.1) × 10 ⁻⁶	(6.6±0.3) × 10 ⁻⁶	(1.1±0.1) × 10 ⁻⁵	1.1 × 10 ⁻¹
Cs吸着装置 出口水	LI-KU4-3	(1.4±0.5) × 10 ⁻⁵	(3.2±0.2) × 10 ⁻⁷	(1.1±0.1) × 10 ⁻⁶	(4.0±0.1) × 10 ⁻⁶	8.0 × 10 ⁻²

- Uは全ての試料で検出された。
- 入口の²³⁵U/²³⁸U比は炉心燃料の値(1.1 × 10⁻¹ ~ 1.2 × 10⁻¹)※に近い。

※: 被照射燃料について計算したH23.3.11時点の放射能(JAEA報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」)

セシウム吸着装置出入口水 — 核種分析結果④

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432年)	²⁴⁴ Cm (約18年)
Cs吸着装置 入口水	LI-RW4-1	< 6 × 10 ⁻⁴	< 4 × 10 ⁻⁴	< 7 × 10 ⁻⁴	< 5 × 10 ⁻⁴
	LI-HTI4-1	(5.9±0.5) × 10 ⁻³	(1.9±0.3) × 10 ⁻³	(1.6±0.3) × 10 ⁻³	(1.1±0.3) × 10 ⁻³
	LI-RW4-2	(2.3±0.3) × 10 ⁻³	(1.1±0.2) × 10 ⁻³	< 6 × 10 ⁻⁴	< 4 × 10 ⁻⁴
	LI-RW6-1	(1.6±0.5) × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
	LI-SA6-5	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
Cs吸着装置 中間水	LI-KU4-2	< 8 × 10 ⁻⁴	< 3 × 10 ⁻⁴	< 6 × 10 ⁻⁴	< 6 × 10 ⁻⁴
	LI-KU6-1	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
	LI-SA6-6	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
	LI-SA6-7	< 2 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
Cs吸着装置 出口水	LI-KU4-3	(5.6±1.9) × 10 ⁻⁴	< 4 × 10 ⁻⁴	< 6 × 10 ⁻⁴	< 6 × 10 ⁻⁴
	LI-KU6-2	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³
	LI-SA6-8	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 1 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻³

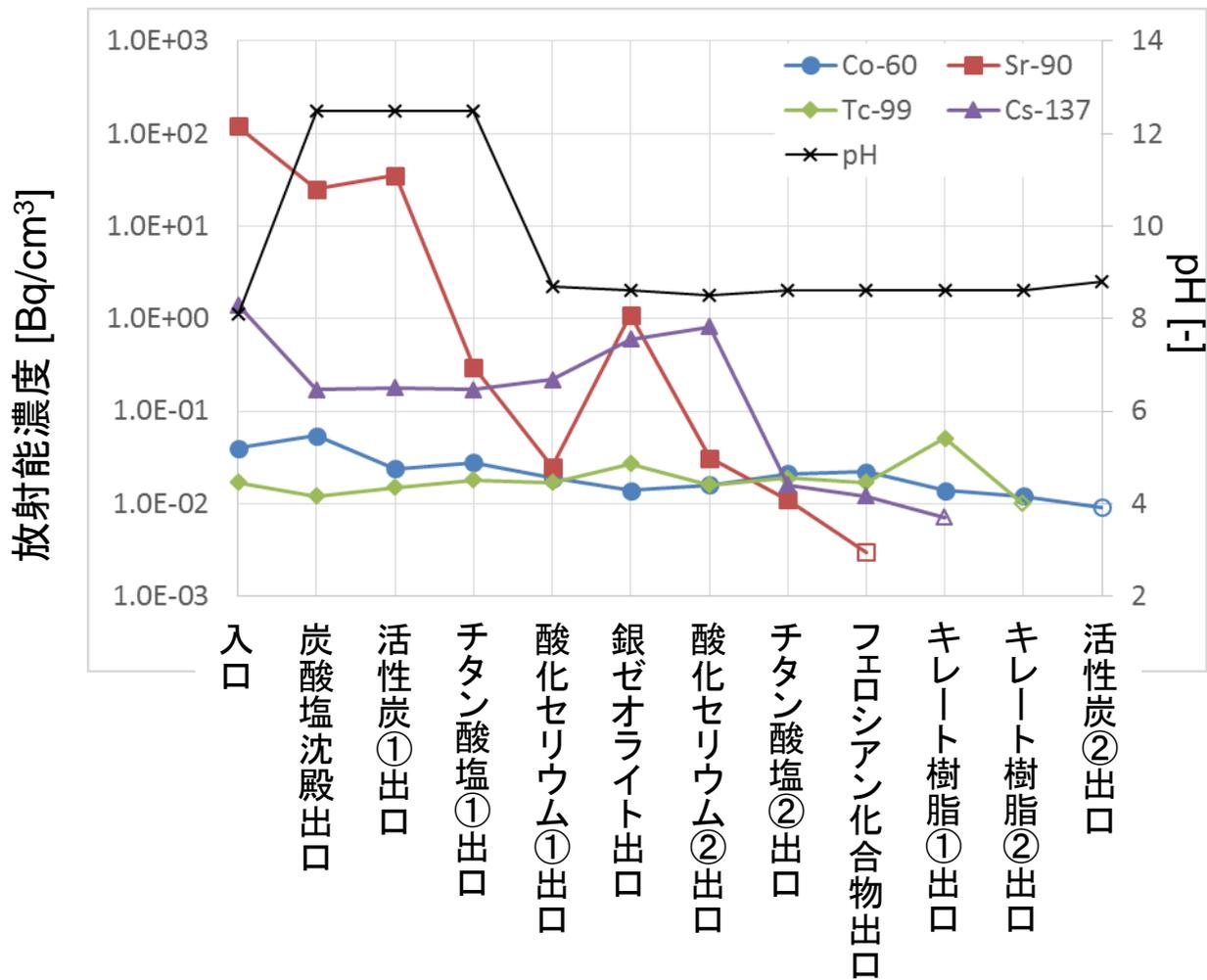
- ²³⁸Puは4試料、²³⁹⁺²⁴⁰Puは2試料、²⁴¹Am、²⁴⁴Cmは1試料からそれぞれ検出された。
- Pu濃度は、これまでの水処理設備出入口水試料の分析結果と同程度であった。

多核種除去設備処理水 — 試料の性状

- 多核種除去設備に関して、吸着材の含有する放射能の推定に資するため、増設A系列の処理水試料を対象として以下の核種を分析した。
 - ❖ ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm

試料名	採取日	採取場所
LI-AAL7A-1	2016.7.25	入口
LI-AAL7A-2	2016.7.25	増設A系列炭酸塩沈殿処理設備出口
LI-AAL7A-3	2016.7.25	増設A系列活性炭出口
LI-AAL7A-4	2016.7.25	増設A系列チタン酸塩①出口
LI-AAL7A-5	2016.7.25	増設A系列酸化セリウム①出口
LI-AAL7A-6	2016.7.25	増設A系列銀ゼオライト出口
LI-AAL7A-7	2016.7.25	増設A系列酸化セリウム②出口
LI-AAL7A-8	2016.7.25	増設A系列チタン酸塩②出口
LI-AAL7A-9	2016.7.25	増設A系列フェロシアン化合物出口
LI-AAL7A-10	2016.7.25	増設A系列キレート樹脂①出口
LI-AAL7A-11	2016.7.25	増設A系列キレート樹脂②出口
LI-AAL7A-12	2016.7.25	増設A系列活性炭②出口

多核種除去設備処理水 — 放射能



- 核種の除去と設備の関係は次の通りであった。
 - ^{60}Co : 活性炭
 - ^{90}Sr : 炭酸塩沈殿工程、チタン酸塩、酸化セリウム、フェロシアン化合物吸着材
 - ^{99}Tc : キレート樹脂②吸着材
 - ^{137}Cs : 炭酸塩沈殿工程、チタン酸塩②、フェロシアン化合物、キレート樹脂①吸着材
- ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{129}I , ^{154}Eu , U, Pu, ^{241}Am , ^{244}Cm は全ての試料で不検出であった。
- 吸着塔出口濃度が入口濃度よりも高い場合があり、データをさらに蓄積する必要がある。

多核種除去設備処理水 — 核種分析結果①

試料名	放射能濃度[Bq/cm ³]				
	⁶⁰ Co (約5.3年)	⁶³ Ni (約1.0 × 10 ² 年)	⁷⁹ Se (約6.5 × 10 ⁴ 年)	⁹⁰ Sr (約29年)	⁹⁹ Tc (約2.1 × 10 ⁵ 年)
LI-AAL7A-1	$(4.0 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^2$	$(1.7 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-2	$(5.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^1$	$(1.2 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-3	$(2.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(3.5 \pm 0.1) \times 10^1$	$(1.5 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-4	$(2.8 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(3.0 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(1.8 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-5	$(1.9 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(2.5 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$(1.7 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-6	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^0$	$(2.7 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-7	$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(3.1 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$(1.6 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-8	$(2.1 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(1.1 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$(1.9 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-9	$(2.2 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-3}$	$(1.7 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-10	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-3}$	$(5.1 \pm 0.5) \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-11	$(1.2 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 4 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-2}$
LI-AAL7A-12	$< 9 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-3}$	$< 9 \times 10^{-3}$

- ⁶⁰CoはNo.12で、⁹⁰SrはNo.9で、⁹⁹TcはNo.11で不検出となった。
- ⁶³Ni、⁷⁹Seはすべての試料で不検出であった。

多核種除去設備処理水 — 核種分析結果②

試料名	放射能濃度[Bq/cm ³]				
	¹²⁹ I (約1.6×10 ⁷ 年)	¹³⁷ Cs (約30年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)	²³⁵ U (約7.0×10 ⁸ 年)	²³⁸ U (約4.5×10 ⁹ 年)
LI-AAL7A-1	< 4 × 10 ⁻²	(1.4±0.1) × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-2	< 4 × 10 ⁻²	(1.7±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-3	< 4 × 10 ⁻²	(1.8±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-4	< 4 × 10 ⁻²	(1.7±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-5	< 4 × 10 ⁻²	(2.2±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-6	< 4 × 10 ⁻²	(6.0±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-7	< 4 × 10 ⁻²	(8.2±0.1) × 10 ⁻¹	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-8	< 4 × 10 ⁻²	(1.6±0.2) × 10 ⁻²	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-9	< 4 × 10 ⁻²	(1.2±0.2) × 10 ⁻²	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-10	< 4 × 10 ⁻²	< 7 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-11	< 4 × 10 ⁻²	< 7 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶
LI-AAL7A-12	< 4 × 10 ⁻²	(5.4±1.8) × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 4 × 10 ⁻⁶	< 2 × 10 ⁻⁶

- ¹³⁷CsはNo.10で不検出となった。
- ¹²⁹I、¹⁵⁴Eu、²³⁵U、²³⁸Uはすべての試料で不検出であった。

多核種除去設備処理水－核種分析結果③

試料名	放射能濃度[Bq/g]			
	^{238}Pu (約88年)	$^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ (約 2.4×10^4 年、約 6.6×10^3 年)	^{241}Am (約 4.3×10^2 年)	^{244}Cm (約18年)
LI-AAL7A-1	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-2	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-3	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-4	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-5	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-6	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-7	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-8	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 1 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-9	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-10	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-11	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$
LI-AAL7A-12	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 2 \times 10^{-4}$

➤ ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm はすべての試料で不検出であった。

- 構内土壌、焼却灰並びに汚染水処理設備出入口水を分析し、それぞれ次の核種が検出された。

試料	³ H	¹⁴ C	⁶⁰ Co	⁶³ Ni	⁷⁹ Se	⁹⁰ Sr	⁹⁴ Nb	⁹⁹ Tc	¹²⁶ Sn	¹²⁹ I	¹³⁷ Cs	¹⁵⁴ Eu	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁶ U	²³⁸ U	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²⁴⁴ Cm
土壌		✓				✓	—*		—*		✓		—*	✓	—*	✓	✓	✓		
焼却灰	—*	✓	✓	✓	—*	✓	—*	—*	—*	—*	✓		—*	—*	—*	—*	✓	✓	✓	✓
セシウム吸着装置入口水	✓	—*	✓	✓	—*	✓					✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
セシウム吸着装置出口水	✓	—*		✓	—*	✓					✓		✓	✓	✓	✓	✓			
多核種除去設備処理水	—*	—*	✓			✓		✓	—*		✓		—*		—*					

*:—は未測定を表す。

- ❖ 構内土壌は、放射能データとともに粒度分布とCs濃度の相関に関するデータを得た。
 - ❖ 焼却灰は、Co、Srなど不揮発性核種の濃度が瓦礫に比べて高い。
 - ❖ セシウム吸着装置では、Sr吸着材適用の効果により、出口での⁹⁰Sr濃度が入口濃度の約百分の一に低下している。
 - ❖ 多核種除去設備は、核種により除去されている工程・吸着材が異なることを確認した。
- データをさらに蓄積するために、試料の採取と分析を継続する。