

廃棄物試料の分析

1号機原子炉建屋5階瓦礫・1号機タービン建屋地下1階スラッジ
・多核種除去設備HICスラリー

平成28年9月29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、経済産業省平成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)」の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。
- 原子炉建屋の内部で採取された試料は、汚染状態を把握する上で優先度が高い。1号機原子炉建屋5階で採取された瓦礫(コンクリート)及び1号機タービン建屋地下1階で採取されたスラッジ(滞留水固形分)を分析した結果を報告する。
- 多核種除去設備 (ALPS) からの二次廃棄物は発生量と放射能の観点で重要である。また、漏えいリスクを低減させるスラリー安定化処理の検討に含水率や粒径が重要であるため、高性能容器 (HIC) に充填した後保管されていた炭酸塩沈殿スラリーの試料を分析した結果を報告する。

廃棄物試料の分析状況

報告
年度

試料

試料数

発表等

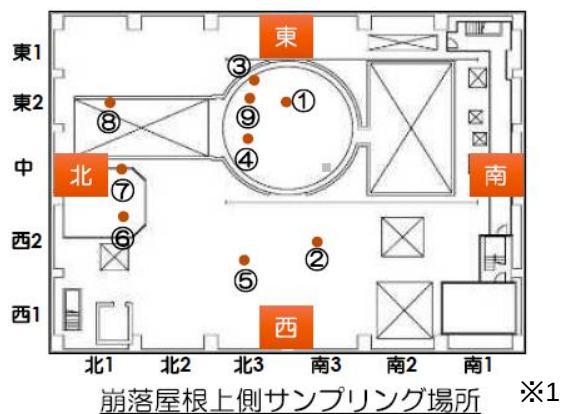
23- 27	汚染水処理 設備出入口水	1～4号機タービン建屋滞留水等 - 滞留水(集中RW地下、高温焼却炉建屋地下) - 淡水化装置濃縮水 - 処理水(セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置、多核種除去設備)	51	http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110522_04-j.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120924/120924_01jj.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_02kk.pdf 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	1、2、3号機原子炉建屋内瓦礫 1、2号機原子炉建屋内ボーリングコア 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	- 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	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	- 増設多核種除去設備スラリー - 多核種除去設備吸着材	3 5	本報告 吸着材は採取準備中	
	瓦礫、スラッジ	1号機原子炉建屋内瓦礫	14 6	本報告 分析中	
		1号機タービン建屋内スラッジ	4	本報告	
	汚染水処理 設備出入口水	- 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	2、3号機PCV滞留水	12	分析中	
	焼却灰	焼却灰(雑固体廃棄物焼却設備)	5	分析中	
	土壌	構内の土壌	6	分析中	

原子炉建屋内瓦礫 – 分析内容

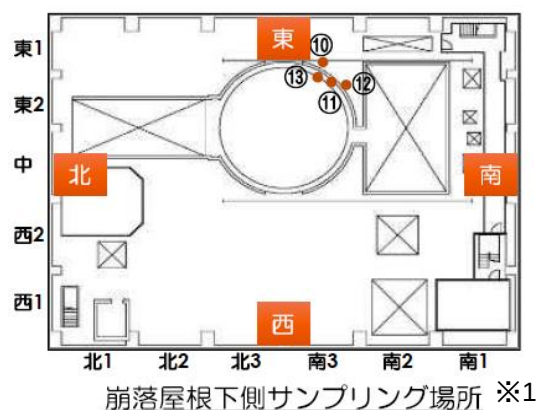
■ 平成27年10月に 1号機原子炉建屋5階にて崩落屋根上下部分の瓦礫汚染状況調査が行われ、回収されたコンクリート片を試料(1RB-CR-R1~R14)として以下の核種を分析した。

❖ ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{126}Sn , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm , 全 α

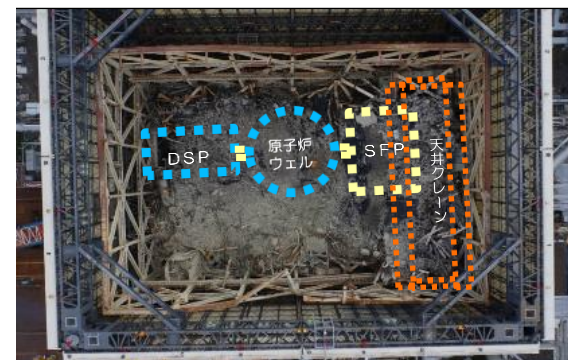
❖ 各試料の量が少なかったため、全核種が分析出来るよう ^{137}Cs 濃度及び試料採取位置を考慮して、近接する試料を同一グループと見なして測定する核種を試料毎に割り当てた。



1RB-CR-R1~9: ①~⑨にて採取
1RB-CR-R10: 採取機の付着物



1RB-CR-R11~14: ⑩~⑬にて採取



オペフロ全景（上空から撮影） ※1

原子炉建屋内瓦礫 - 試料の性状

No.	形状等	試料名	場所	表面線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	質量 (g)
1	コンクリート	1RB-CR-R1	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	30	1.4
2	コンクリート	1RB-CR-R2	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	18	1.5
3	コンクリート	1RB-CR-R3	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	7.5	1.1
4	コンクリート	1RB-CR-R4	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	38	1.2
5	コンクリート	1RB-CR-R5	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	9.0	2.1
6	コンクリート	1RB-CR-R6	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	44	1.6
7	コンクリート	1RB-CR-R7	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	23	1.2
8	コンクリート	1RB-CR-R8	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	45	1.2
9	コンクリート	1RB-CR-R9	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	8.0	1.5
10	コンクリート	1RB-CR-R10	1号機原子炉建屋5階崩落屋根上側	3.5	0.6
11	コンクリート	1RB-CR-R11	1号機原子炉建屋5階崩落屋根下側	35	0.5
12	コンクリート	1RB-CR-R12	1号機原子炉建屋5階崩落屋根下側	65	0.4
13	コンクリート	1RB-CR-R13	1号機原子炉建屋5階崩落屋根下側	150	0.1
14	コンクリート	1RB-CR-R14	1号機原子炉建屋5階崩落屋根下側	45	0.1

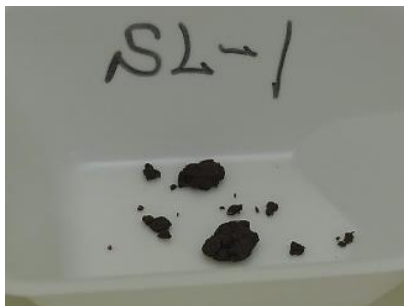
* 各試料の量が少なかったため、右表に示すグループごとに測定する核種を割り当てた。

グループ		試料名
崩落屋根上側	西側	1RB-CR-R2, -R5
	原子炉ウェル周辺	1RB-CR-R1, -R3, -R4, -R9
	北西側	1RB-CR-R6, -R7
	北東側	1RB-CR-R8
	採取機の付着物	1RB-CR-R10
崩落屋根下側	原子炉ウェル周辺	1RB-CR-R11～R14

-
- 復水ポンプ室脇
- 1TB-MI-SL3
 - 1TB-MI-SL4
- ヒーター室南側
- 1TB-MI-SL1
- ヒーター室北側
- 1TB-MI-SL2
- 1号機タービン建屋地下1階 ※1

タービン建屋内スラッジ - 試料の性状

No.	形状等	試料名	場所	表面線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	質量 (g)
1	スラッジ	1TB-MI-SL1	1号機タービン建屋地下1階	55	0.2
2	スラッジ	1TB-MI-SL2	1号機タービン建屋地下1階	100	0.1
3	スラッジ	1TB-MI-SL3	1号機タービン建屋地下1階	120	0.1
4	スラッジ	1TB-MI-SL4	1号機タービン建屋地下1階	5.5	7.4



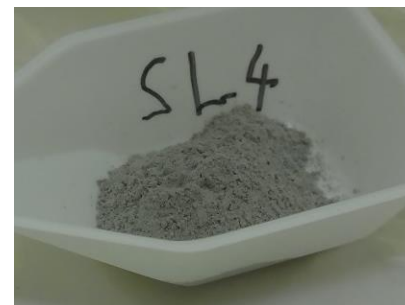
1TB-MI-SL1



1TB-MI-SL2

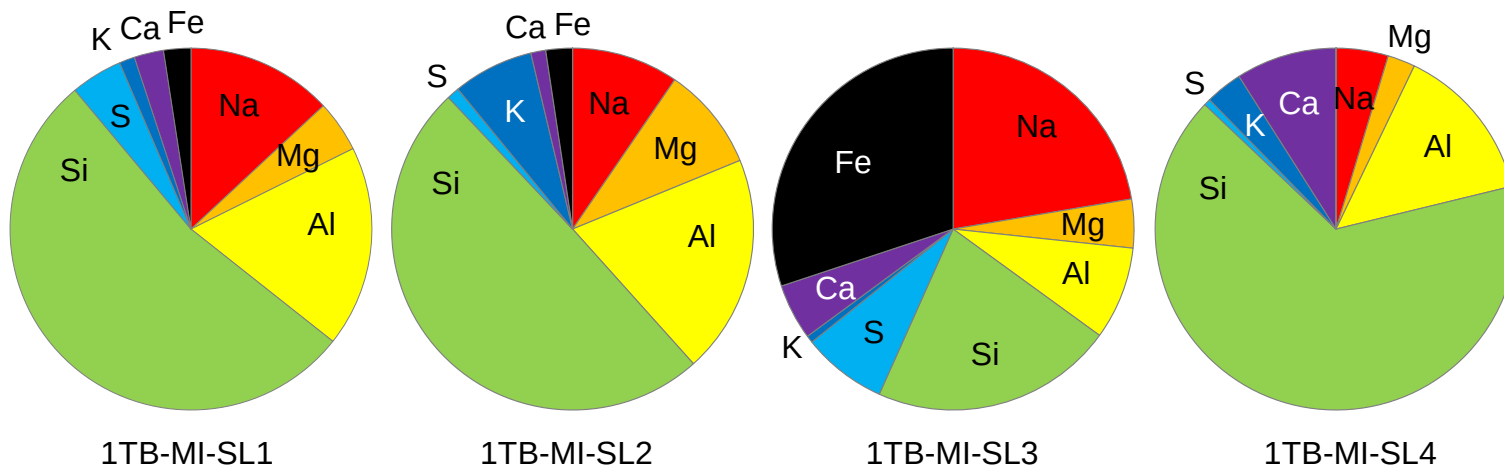


1TB-MI-SL3



1TB-MI-SL4

タービン建屋内スラッジ – 元素分析結果



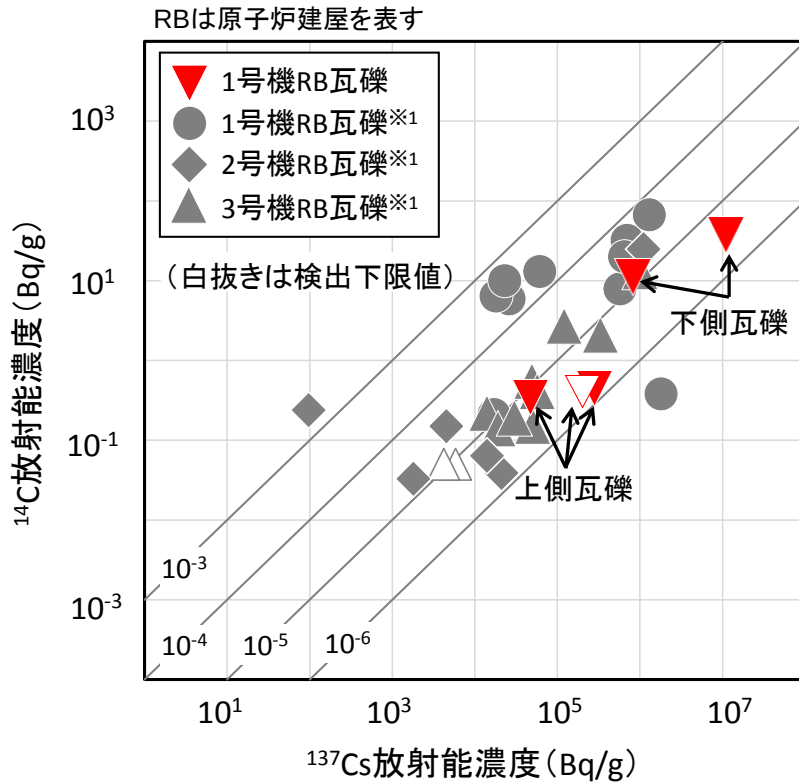
試料名	元素重量比/%							
	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
1TB-MI-SL1	13	4.6	18	53	4.6	1.4	2.6	2.4
1TB-MI-SL2	9.6	9.3	20	50	1.1	7.2	1.3	2.4
1TB-MI-SL3	22	4.4	8.3	22	7.6	0.6	5	30
1TB-MI-SL4	4.7	2.5	14	66	0.6	3.3	9	-

➤ SL1、2、4はSiとAlが、SL3はFe、NaとAlが主成分である

※ SEM/EDXにより元素分析を行った。Naより原子番号の大きい元素を分析対象とした。

原子炉建屋瓦礫・タービン建屋スラッジ－核種分析結果①

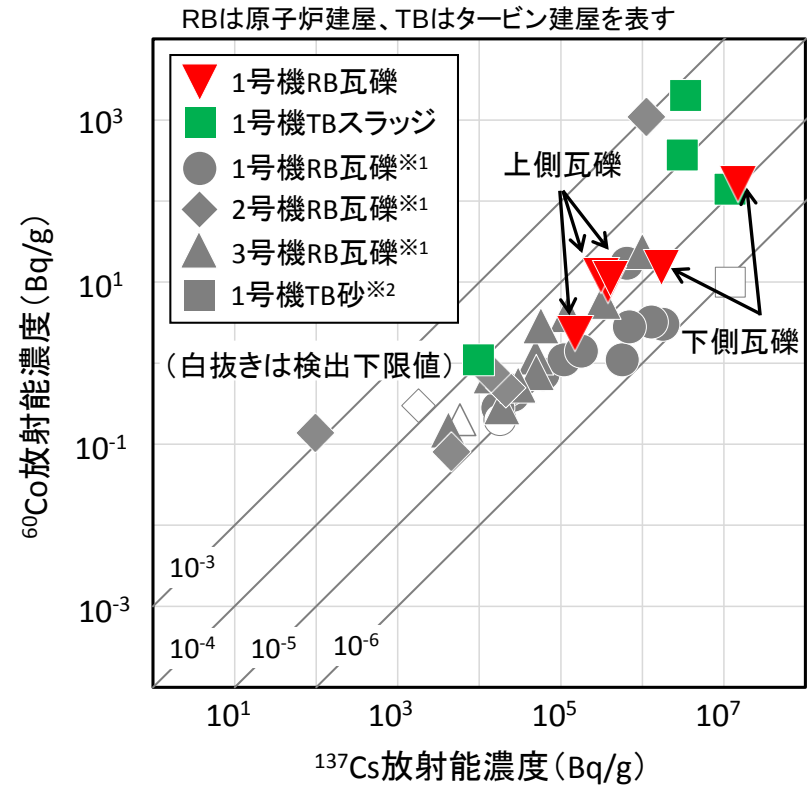
－ ^{14}C , ^{60}Co と ^{137}Cs 濃度の関係－



➤ $^{14}\text{C}/^{137}\text{Cs}$ 比は上側瓦礫と下側瓦礫で同程度

$^{14}\text{C}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比	
1号機RB瓦礫	1号機燃料※3
2.3×10^{-5}	1.0×10^{-6}

H26年度～本報告取得データの平均値



➤ $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ 比は、1号機TBスラッジと1号機RB瓦礫で同程度

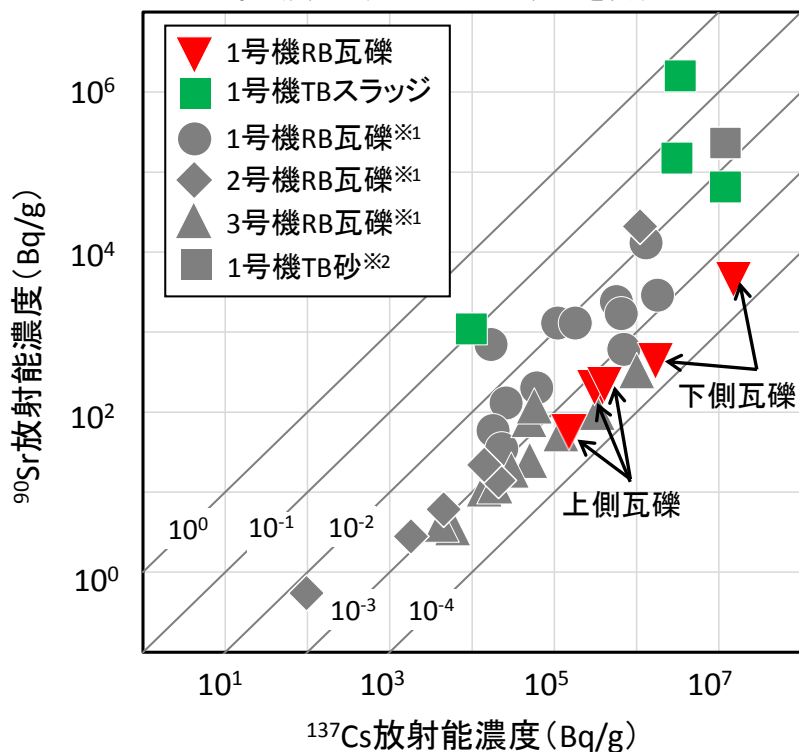
$^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比		
1号機TBスラッジ・砂	1号機RB瓦礫	1号機燃料※3
9.8×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.3×10^{-5}

H26年度～本報告取得データの平均値

原子炉建屋瓦礫・タービン建屋スラッジ－核種分析結果②

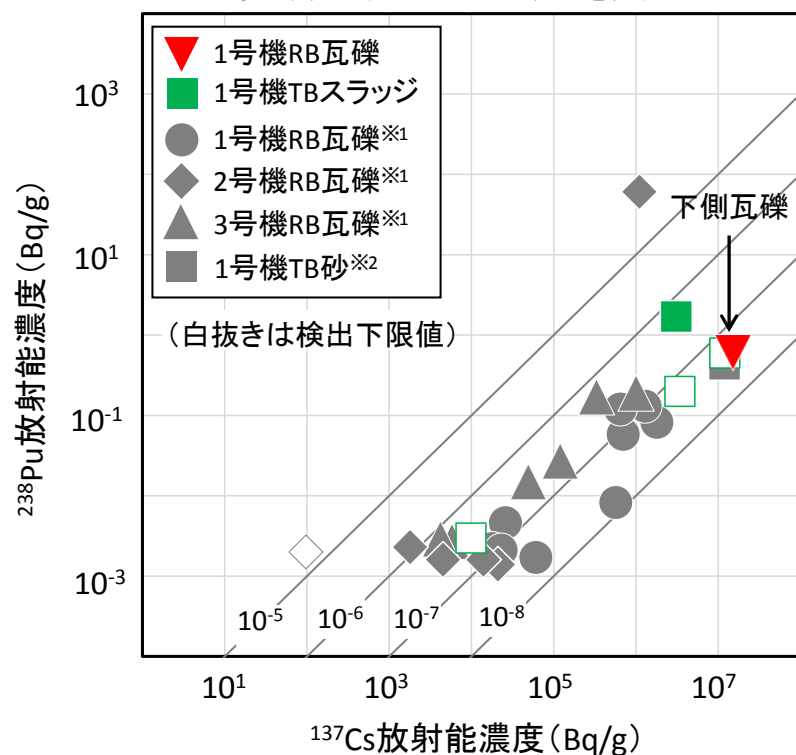
－ ^{90}Sr , ^{238}Pu と ^{137}Cs 濃度の関係－

RBは原子炉建屋、TBはタービン建屋を表す



➤ $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比は、1号機TBスラッジ・砂>1号機RB瓦礫

RBは原子炉建屋、TBはタービン建屋を表す



➤ $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比はH27年度までの1号機RB瓦礫と同程度

$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比

1号機TBスラッジ・砂	1号機RB瓦礫	1号機燃料※3
4.8×10^{-2}	2.0×10^{-3}	7.4×10^{-1}

H26年度～本報告取得データの平均値

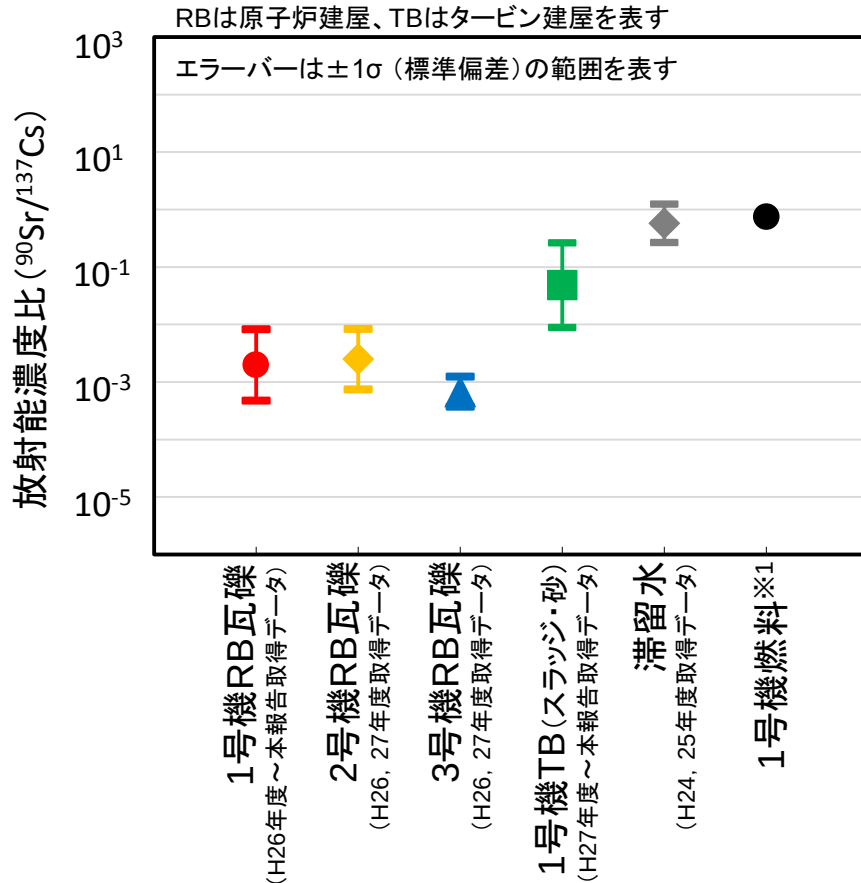
$^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度比

1号機TBスラッジ・砂	1号機RB瓦礫	1号機燃料※3
1.4×10^{-7}	6.8×10^{-8}	2.3×10^{-2}

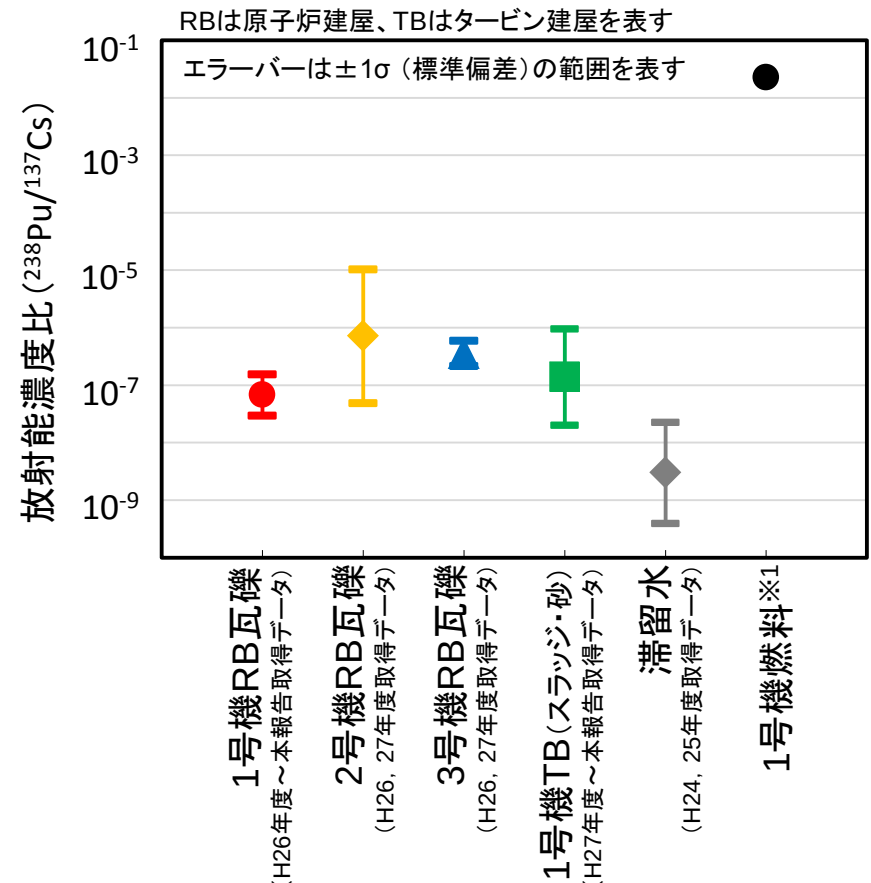
H26年度～本報告取得データの平均値

原子炉建屋瓦礫・タービン建屋スラッジ－核種分析結果③

－ ^{90}Sr , ^{238}Pu と ^{137}Cs の採取箇所毎の放射濃度比－



- $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 比は、滞留水>1号機TB>RB(1, 2, 3号機)瓦礫の順に高い
- タービン建屋の汚染は、滞留水が寄与した可能性がある



- $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比は1, 2, 3号機RB瓦礫と1号機TBとでは同程度
- 滞留水の $^{238}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比は、他と比べ1～2桁低い

多核種除去設備スラリー – 分析内容

- 静置状態であった高性能容器 (HIC) No.172 から、上澄み水下の炭酸塩沈殿スラリーの上層 (HIC 内プレート下面より下方約 60cm)、中層 (同約 100cm)、下層 (同約 150cm) から試料を採取し、放射能・元素濃度、固液比、上澄液の pH、粒度分布を分析した。

❖ 放射性核種は以下を対象として分析した。

^{54}Mn , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{125}Sb , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm

試料名			採取日	採取者	線量率※ (mSv/h)
1	増設ALPS炭酸塩沈殿スラリー (深さ 150cm)	AAL-S1-2	H27.4.16	東芝	190
2	増設ALPS炭酸塩沈殿スラリー (深さ 100cm)	AAL-S1-3	H27.4.16	東芝	210
3	増設ALPS炭酸塩沈殿スラリー (深さ 60cm)	AAL-S1-4	H27.4.16	東芝	150
参考	増設ALPS炭酸塩沈殿スラリー ※1 (充填後直ちに採取)	AAL-S1-1	H27.5.13	JAEA	22

※ 5 cm³ を 10 cm³ バイアル瓶に収納したときの表面線量率。H27年5月27日に測定。

スラリーの固液比及び上澄液のpH

●固液比

- 炭酸塩沈殿スラリー試料を攪拌後、一定量分取し、蒸発乾固前後の重量から固液比を求めた。
- 深さとともに固体の割合が増える傾向がうかがわれる。
- 安定化処理の検討に用いている模擬スラリー（固体重量比10～20%）と同程度であることが確認できた。

No.	試料名	重量比 (%)		【参考】容量比 (%) *	
		固体	液体	固体	液体
1	AAL-S1-2(深さ150cm)	23.6	76.4	10.9	89.1
2	AAL-S1-3(深さ100cm)	22.7	77.3	10.4	89.6
3	AAL-S1-4(深さ60cm)	15.7	84.3	6.8	93.2
参考	AAL-S1-1(充填後直ちに採取) ※1	12.1	87.9	5.1	94.9

* 元素分析の結果から、化合物を想定して比重を設定し、算出。

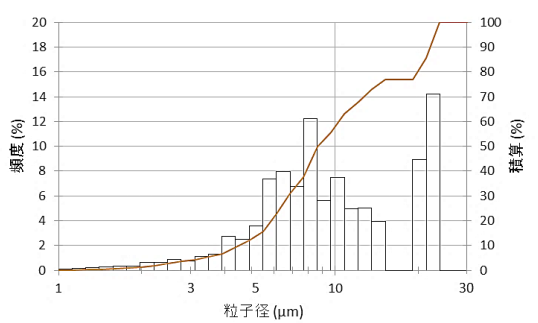
●上澄液のpH

- 炭酸塩沈殿スラリー試料を一定量分取し、上澄液のpHを測定した。
- 約11であり、深さの影響は小さいとみられる。

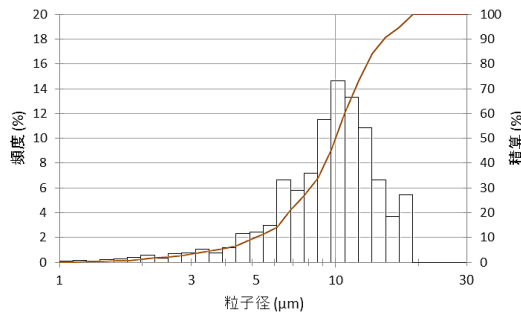
No.	試料名	pH
1	AAL-S1-2(深さ150cm)	11.5
2	AAL-S1-3(深さ100cm)	11.4
3	AAL-S1-4(深さ60cm)	11.0

スラリーの粒度分布

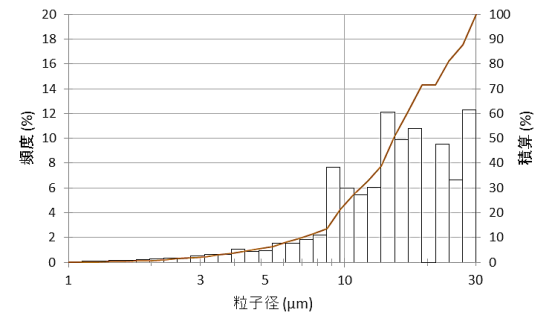
No.	試料名	粒子径測定結果(μm)			
		平均径 (個数基準)	メジアン径		最大粒子径
			(個数基準)	(体積基準)	
1	AAL-S1-2(深さ150cm)	2.93	2.03	8.65	22.8
2	AAL-S1-3(深さ100cm)	3.10	1.98	10.0	17.5
3	AAL-S1-4(深さ60cm)	3.01	1.90	15.1	29.6
参考	増設AAL-S1-1(充填後直ちに採取) ※ ¹	5.27	4.30	13.2	26.9
参考	既設EAL-S2-2(同上) ※ ¹	7.40	6.85	15.2	29.4
参考	既設AL-S2-1(同上) ※ ²	3.62	2.36	12.7	23.2



AAL-S1-2の粒度分布(体積基準)



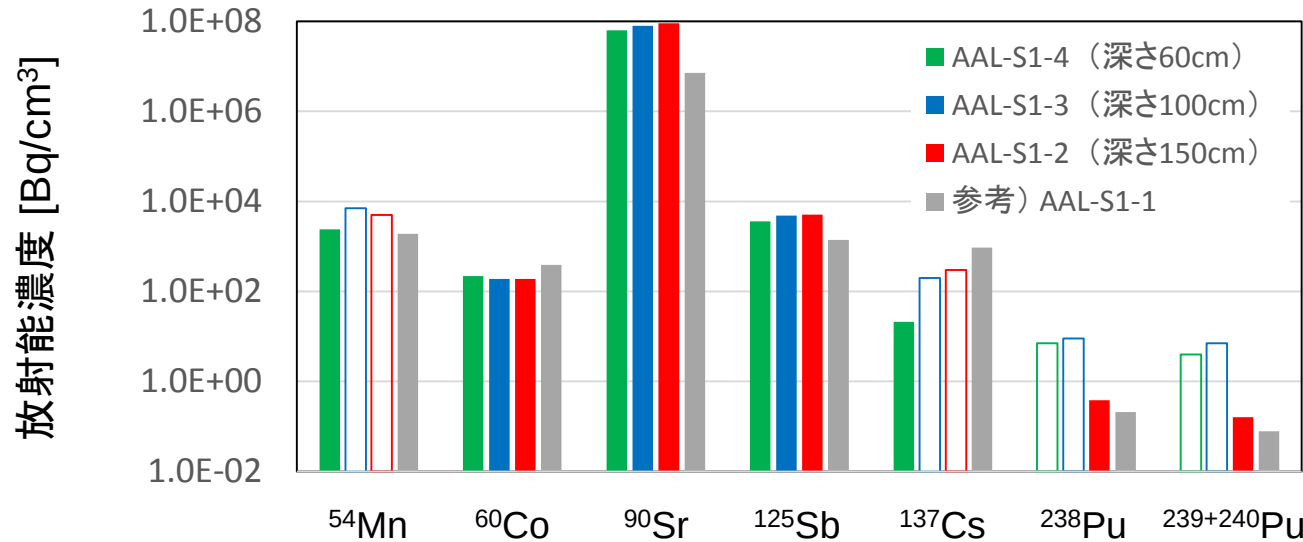
AAL-S1-3の粒度分布(体積基準)



AAL-S1-4の粒度分布(体積基準)

- 炭酸塩沈殿スラリーを純水中に希釈・分散させ、これを分取しフィルター上で乾燥後、マイラー膜で密封し、マイクロ스코プで画像を撮影した。得られた画像を画像解析し、粒子径を求めた。
- 粒子径に深さの依存性は見られない。また、静置したことによる影響は伺われない。
- 安定化処理の検討に用いている模擬スラリー(メジアン径(体積基準)13~17μm)と同程度であることが確認できた。

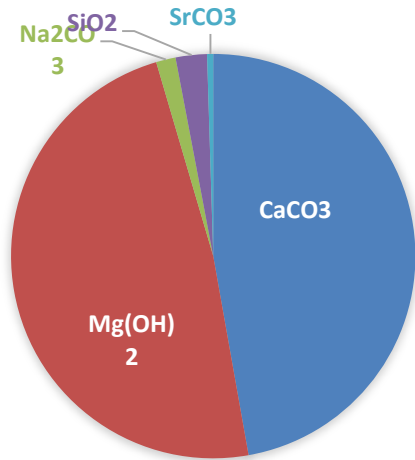
スラリーの放射性核種分析結果



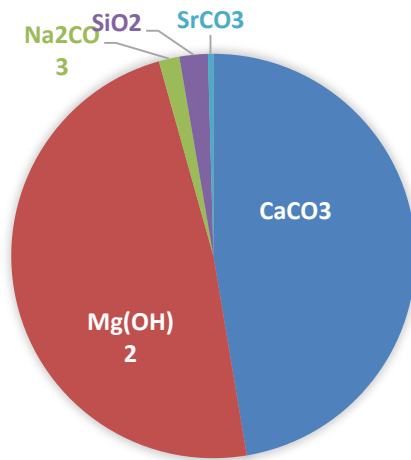
※ 白抜きのバーは検出下限値を示す。

- いずれの炭酸塩沈殿スラリー試料についても ^{90}Sr が支配的であり、 ^{125}Sb 等の他の核種に比べて4桁以上も高い。
- ^{94}Nb , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{241}Am , ^{244}Cm は全ての試料で不検出であった。
- 放射能濃度は、深さによる固液比の違いの影響が示唆される。※1
- 核種組成は、HIC(処理した水)ごとに若干異なる可能性が示唆される。※2

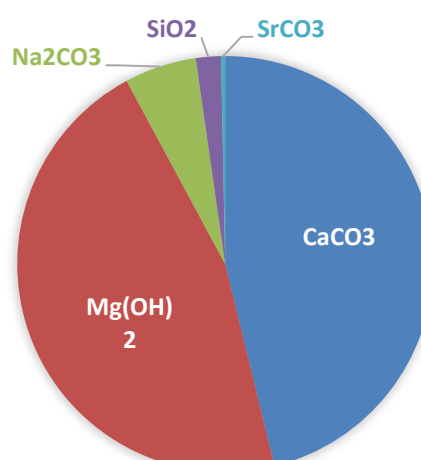
スラリーの元素分析結果 (推定した物質の重量比)



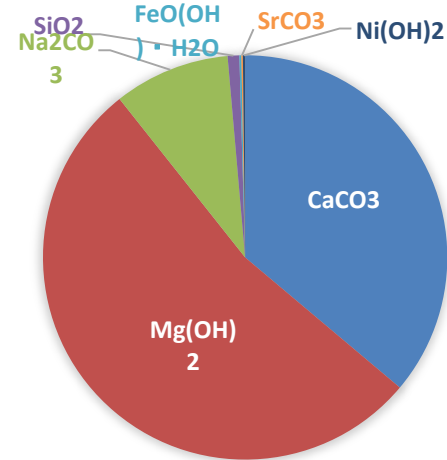
AAL-S1-2
(深さ150cm)



AAL-S1-3
(深さ100cm)



AAL-S1-4
(深さ60cm)



参考 AAL-S1-1※1

※代表的な化合物を想定して算出。

- いずれも CaCO_3 と Mg(OH)_2 で約9割を占める。
 - Ca と Mg の比は HIC (処理した水)により変わると思われる。
- 60cmの試料は、100cm及び150cmの試料に比べて Na_2CO_3 の割合が大きい
が、液体含有量の割合が高い影響と考えられる。その他については、深さの
依存性は認められない。

- 原子炉建屋内瓦礫(コンクリート)、タービン建屋内スラッジ、多核種除去設備炭酸塩沈殿スラリーを分析し、それぞれ次の核種が検出された。
 - ❖ コンクリート: ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{79}Se , ^{90}Sr , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm , 全 α
 - ❖ スラッジ: ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm
 - ❖ スラリー: ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{125}Sb , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$
- 1号機原子炉建屋の瓦礫(コンクリート)は、これまでに得られた瓦礫の分析データに整合する結果を示し、汚染組成が類似している。
- 1号機タービン建屋のスラッジ(滞留水固形分)は、汚染水と接触した影響がうかがわれ、空気と水を経由した複合的な汚染の可能性が示唆された。
- 多核種除去設備から発生した炭酸塩沈殿スラリーについて、核種組成が容器内で均一である一方、容器(処理した汚染水)ごとに違う可能性が示唆された。
- また、スラリーは、放射能濃度とともに固液比、粒度分布などのデータを得た。スラリー安定化処理(脱水)技術の研究開発において、適用性試験を行っており、試験に用いる模擬スラリーの性状が実際のスラリーと同程度であることを、固液比や粒度分布のデータにより確認できた。

今後の計画

- 分析は、1号機原子炉建屋天井ボーリングコア、可燃物の焼却による灰、2及び3号機PCVや多核種除去設備の工程内で採取した水試料、サイト内土壌などの試料を対象として継続し、分析データの蓄積を進めていく。
- 分析により得られた放射性核種濃度のデータは、解体廃棄物や汚染水処理二次廃棄物のインベントリ評価において、推定の精度向上に利用し、処理・処分技術の検討に提供する。
- 得られた分析データは、廃炉に係わる広いニーズに対応するため速やかに公開していく。ここで、研究実施事業者による公開も検討する。また、分析結果を利用した研究開発の成果については、新たな知見や成果がまとめられた段階で、本チーム会合／事務局会議で報告する。

参考情報

原子炉建屋内瓦礫の核種分析結果 ①

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)				
		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)
1	1RB-CR-R1	–	–	(2.8±0.1) × 10 ⁵	–	–
2	1RB-CR-R2	(2.3±0.2) × 10 ⁰	< 3 × 10 ⁻¹	(1.5±0.1) × 10 ⁵	< 3 × 10 ⁰	< 1 × 10 ⁰
3	1RB-CR-R3	–	–	(6.2±0.1) × 10 ⁴	–	–
4	1RB-CR-R4	(9.1±0.3) × 10 ⁰	< 3 × 10 ⁻¹	(3.8±0.1) × 10 ⁵	< 3 × 10 ⁰	(1.9±0.3) × 10 ⁰
5	1RB-CR-R5	–	–	(4.7±0.1) × 10 ⁴	–	–
6	1RB-CR-R6	(1.2±0.1) × 10 ¹	< 3 × 10 ⁻¹	(3.1±0.1) × 10 ⁵	< 3 × 10 ⁰	(2.5±0.3) × 10 ⁰
7	1RB-CR-R7	–	–	(2.0±0.1) × 10 ⁵	–	–
8	1RB-CR-R8	(1.1±0.1) × 10 ¹	< 3 × 10 ⁻¹	(4.1±0.1) × 10 ⁵	< 3 × 10 ⁰	(2.2±0.4) × 10 ⁰
9	1RB-CR-R9	–	–	(5.8±0.1) × 10 ⁴	–	–
10	1RB-CR-R10	–	–	(3.9±0.1) × 10 ⁴	–	–
11	1RB-CR-R11	–	–	(8.2±0.1) × 10 ⁵	–	–
12	1RB-CR-R12	(1.5±0.1) × 10 ¹	< 1 × 10 ⁰	(1.7±0.1) × 10 ⁶	< 9 × 10 ⁰	< 4 × 10 ⁰
13	1RB-CR-R13	(1.6±0.1) × 10 ²	< 4 × 10 ⁰	(1.5±0.1) × 10 ⁷	< 4 × 10 ¹	(2.1±0.4) × 10 ¹
14	1RB-CR-R14	–	–	(1.1±0.1) × 10 ⁷	–	–

原子炉建屋内瓦礫の核種分析結果 ②

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)			
		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)
1	1RB-CR-R1	—	$< 3 \times 10^{-1}$	—	$< 2 \times 10^{-1}$
2	1RB-CR-R2	$(5.6 \pm 0.2) \times 10^1$	—	—	—
4	1RB-CR-R4	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^2$	—	—	—
5	1RB-CR-R5	—	$< 3 \times 10^{-1}$	—	$< 2 \times 10^{-1}$
6	1RB-CR-R6	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^2$	—	—	—
7	1RB-CR-R7	—	$< 4 \times 10^{-1}$	—	$< 3 \times 10^{-1}$
8	1RB-CR-R8	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^2$	—	$< 5 \times 10^{-1}$	—
11	1RB-CR-R11	—	$< 9 \times 10^{-1}$	—	$(3.0 \pm 0.3) \times 10^{-1}$
12	1RB-CR-R12	$(4.3 \pm 0.1) \times 10^2$	—	—	—
13	1RB-CR-R13	$(4.5 \pm 0.1) \times 10^3$	—	$< 5 \times 10^0$	—
14	1RB-CR-R14	—	$< 7 \times 10^0$	—	$< 6 \times 10^0$

原子炉建屋内瓦礫の核種分析結果 ③

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)			
		^3H (約12年)	^{14}C (約 5.7×10^3 年)	^{63}Ni (約 1.0×10^2 年)	^{79}Se (約 6.5×10^4 年)
1	1RB-CR-R1	$(7.5 \pm 0.2) \times 10^0$	$(4.4 \pm 0.9) \times 10^{-1}$	—	$< 2 \times 10^{-1}$
5	1RB-CR-R5	$(5.0 \pm 0.7) \times 10^{-1}$	$(3.4 \pm 0.5) \times 10^{-1}$	—	$< 2 \times 10^{-1}$
6	1RB-CR-R6	—	—	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^0$	—
7	1RB-CR-R7	$(2.8 \pm 0.2) \times 10^0$	$< 4 \times 10^{-1}$	—	$< 3 \times 10^{-1}$
11	1RB-CR-R11	$(4.0 \pm 0.1) \times 10^1$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^1$	—	$< 9 \times 10^{-1}$
13	1RB-CR-R13	—	—	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^1$	—
14	1RB-CR-R14	$(4.6 \pm 0.3) \times 10^1$	$(3.7 \pm 0.2) \times 10^1$	—	$(6.5 \pm 1.4) \times 10^0$

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)				
		^{238}Pu (約88年)	$^{239+240}\text{Pu}$ (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)	全 α
2	1RB-CR-R2	—	—	—	—	$< 6 \times 10^{-2}$
4	1RB-CR-R4	—	—	—	—	$< 7 \times 10^{-2}$
6	1RB-CR-R6	—	—	—	—	$< 5 \times 10^{-2}$
8	1RB-CR-R8	—	—	—	—	$(1.3 \pm 0.3) \times 10^{-1}$
12	1RB-CR-R12	—	—	—	—	$< 2 \times 10^{-1}$
13	1RB-CR-R13	$(6.0 \pm 1.1) \times 10^{-1}$	$(1.6 \pm 0.6) \times 10^{-1}$	$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{-1}$	$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{-1}$	—

タービン建屋内スラッジの核種分析結果 ①

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)				
		^{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)
1	1TB-MI-SL1	$(3.7 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 3 \times 10^0$	$(3.1 \pm 0.1) \times 10^6$	$< 2 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
2	1TB-MI-SL2	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 2 \times 10^1$	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^7$	$< 1 \times 10^2$	$< 5 \times 10^1$
3	1TB-MI-SL3	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 4 \times 10^0$	$(3.4 \pm 0.1) \times 10^6$	$< 4 \times 10^1$	$< 2 \times 10^1$
4	1TB-MI-SL4	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^0$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(9.8 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 6 \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$

No.	試料名	放射能濃度(Bq/g)		
		^{63}Ni (約 1.0×10^2 年)	^{90}Sr (約29年)	^{126}Sn (約 1.0×10^5 年)
1	1TB-MI-SL1	$(4.7 \pm 0.1) \times 10^1$	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^5$	$< 3 \times 10^0$
2	1TB-MI-SL2	$(7.6 \pm 0.3) \times 10^1$	$(6.5 \pm 0.1) \times 10^4$	$< 2 \times 10^1$
3	1TB-MI-SL3	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^2$	$(1.6 \pm 0.1) \times 10^6$	$< 5 \times 10^0$
4	1TB-MI-SL4	$(1.1 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 8 \times 10^{-2}$

タービン建屋内スラッジの核種分析結果 ②

No.	試料名	放射能濃度 (Bq/g)			
		^{238}Pu (約88年)	$^{239+240}\text{Pu}$ (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)
1	1TB-MI-SL1	$(1.7 \pm 0.2) \times 10^0$	$(4.8 \pm 0.8) \times 10^{-1}$	$(1.2 \pm 0.2) \times 10^0$	$(2.8 \pm 0.3) \times 10^0$
2	1TB-MI-SL2	$< 6 \times 10^{-1}$	$< 6 \times 10^{-1}$	$< 6 \times 10^{-1}$	$(1.7 \pm 0.4) \times 10^0$
3	1TB-MI-SL3	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(2.6 \pm 0.7) \times 10^{-1}$
4	1TB-MI-SL4	$< 3 \times 10^{-3}$	$< 3 \times 10^{-3}$	$< 5 \times 10^{-3}$	$< 5 \times 10^{-3}$

多核種除去設備スラリーの核種分析結果 ①

試料名		放射能濃度 [Bq/cm ³]				
		⁵⁴ Mn (約312日)	⁶⁰ Co (約5.3年)	⁹⁴ Nb (約2.0×10 ⁴ 年)	¹²⁵ Sb (約2.8年)	¹³⁷ Cs (約30年)
1	AAL-S1-2	< 5 × 10 ³	(1.9±0.4) × 10 ²	< 8 × 10 ¹	(5.1±0.5) × 10 ³	< 3 × 10 ²
2	AAL-S1-3	< 7 × 10 ³	(1.9±0.3) × 10 ²	< 7 × 10 ¹	(4.8±0.4) × 10 ³	< 2 × 10 ²
3	AAL-S1-4	(2.4±0.2) × 10 ³	(2.2±0.1) × 10 ²	< 2 × 10 ⁻¹	(3.6±0.3) × 10 ³	(2.1±0.4) × 10 ¹
参考	AAL-S1-1※1	(1.9±0.2) × 10 ³	(3.9±0.1) × 10 ²	< 2 × 10 ¹	(1.4±0.1) × 10 ³	(9.4±0.1) × 10 ²

試料名		放射能濃度 [Bq/cm ³]	
		¹⁵² Eu (約14年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)
1	AAL-S1-2	< 3 × 10 ²	< 3 × 10 ²
2	AAL-S1-3	< 2 × 10 ²	< 2 × 10 ²
3	AAL-S1-4	< 2 × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁰
参考	AAL-S1-1※1	< 4 × 10 ¹	< 3 × 10 ¹

放射能濃度は、減衰をH23.3.11に補正。
分析値の±の後の数値は、計数値誤差である。

- ⁶⁰Co, ¹²⁵Sb: 全ての試料で検出。
- ⁹⁴Nb, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu: 全ての試料で不検出。

【参考】スラリー固体分あたりの放射能濃度

試料名		容量比 (%) *	放射能濃度 [Bq/cm ³]	
			⁶⁰ Co	¹²⁵ Sb
1	AAL-S1-2	10.9	1.7 × 10 ³	4.7 × 10 ⁴
2	AAL-S1-3	10.4	1.8 × 10 ³	4.6 × 10 ⁴
3	AAL-S1-4	6.8	3.2 × 10 ³	5.3 × 10 ⁴

* 元素分析の結果から、化合物を想定して比重を設定し、算出。

多核種除去設備スラリーの核種分析結果 ②

試料名		放射能濃度 [Bq/cm ³]				
		²³⁸ Pu (約88年)	²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am (約4.3 × 10 ² 年)	²⁴⁴ Cm (約18年)	⁹⁰ Sr (約29年)
1	AAL-S1-2	$(3.6 \pm 0.8) \times 10^{-1}$	$(1.6 \pm 0.6) \times 10^{-1}$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(9.0 \pm 0.2) \times 10^7$
2	AAL-S1-3	$< 9 \times 10^0$	$< 7 \times 10^0$	$< 4 \times 10^1$	$< 8 \times 10^{-1}$	$(8.0 \pm 0.1) \times 10^7$
3	AAL-S1-4	$< 7 \times 10^0$	$< 4 \times 10^0$	$< 2 \times 10^0$	$< 2 \times 10^{-1}$	$(5.7 \pm 0.1) \times 10^7$
参考	AAL-S1-1※1	$(2.1 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(7.8 \pm 0.6) \times 10^{-2}$	$(2.0 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$< 7 \times 10^{-3}$	$(7.2 \pm 0.2) \times 10^6$

- α線放出核種は既報のスラリーと同程度であった。
- ⁹⁰Srに関して、既報のスラリーに対して約10倍であった。

放射能濃度は、減衰をH23.3.11に補正。
分析値の±の後の数値は、計数値誤差である。

【参考】スラリー固体分あたりの放射能濃度

試料名		容量比 (%) *	放射能濃度 [Bq/cm ³]
			⁹⁰ Sr
1	AAL-S1-2	10.9	8.3×10^8
2	AAL-S1-3	10.4	7.7×10^8
3	AAL-S1-4	6.8	8.4×10^8

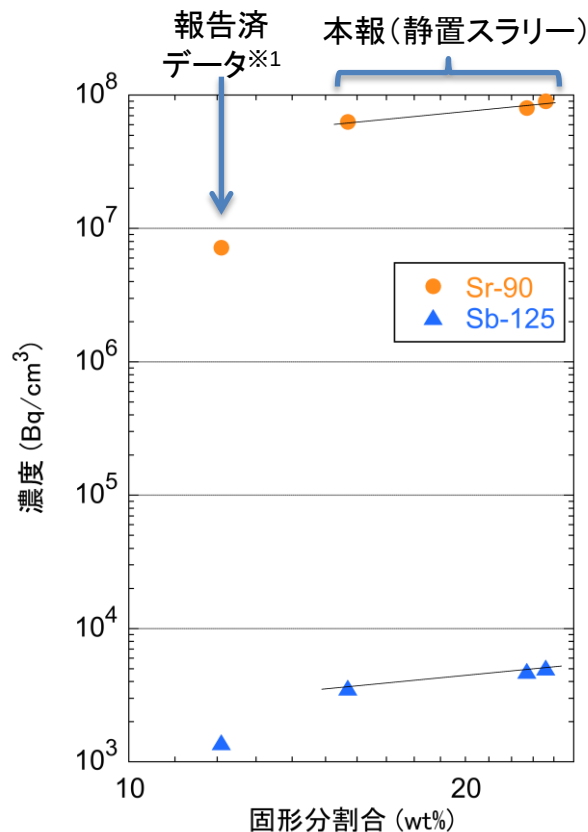
* 元素分析の結果から、化合物を想定して比重を設定し、算出。

多核種除去設備スラリーの元素分析結果

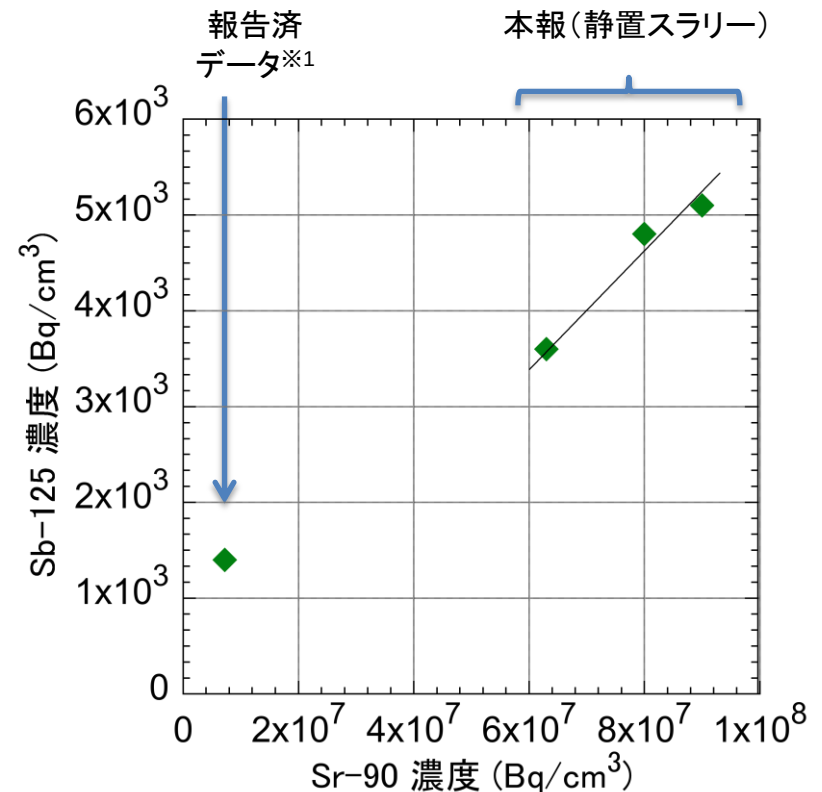
試料名		元素組成比 [wt%]				
		Na	Mg	Si	Ca	Sr
1	AAL-S1-2	1.6	19.3	1.1	18.1	0.28
2	AAL-S1-3	1.7	19.5	1.0	18.3	0.25
3	AAL-S1-4	2.3	18.2	0.9	17.5	0.18
参考	AAL-S1-1 ^{※1}	4.0	22.2	0.43	14.5	0.07

試料名		物質構成比 [wt%] (代表的な物質を想定)					
		Na ₂ CO ₃	Mg(OH) ₂	SiO ₂	CaCO ₃	SrCO ₃	合計
1	AAL-S1-2	3.7	46.3	2.4	45.3	0.47	98.2
2	AAL-S1-3	4.0	46.8	2.2	45.9	0.42	99.3
3	AAL-S1-4	5.3	43.6	1.8	43.8	0.30	94.8
参考	AAL-S1-1 ^{※1}	9.3	53.3	0.93	36.2	0.12	99.9

多核種除去設備スラリー中の核種濃度の 固形分割合依存性、核種間の相関



FP核種濃度の固形分割合に対する依存性



FP核種である Sr-90 と Sb-125 濃度の相関