

汚染水処理二次廃棄物の 放射能評価のための水試料分析

平成27年7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

日本原子力研究開発機構

本資料には、平成25年度「廃炉・汚染水対策事業費補助金（事故廃棄物処理・処分技術の開発）」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試料の分析が不可欠である。
- これまで福島第一原子力発電所構内で採取した汚染水（水処理設備出入口水）、瓦礫、伐採木などの分析を実施してきたが、今回、水試料を採取して分析し、結果が得られたことから報告する。
- 今回の結果は、これまでに得られた分析結果などから想定されるもので特異な結果はないと考えている。
- 今後も継続的にデータを蓄積し、処理・処分の研究開発に活用していく。

廃棄物試料の分析状況

報告年度	試料	試料数	発表等
23-25	汚染水 <ul style="list-style-type: none"> 1~4号機タービン建屋滞留水等 集中RW地下高汚染水 濃縮廃水(RO) 高温焼却炉建屋地下滞留水 処理後水(セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置) 	25	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
	ボーリングコア <ul style="list-style-type: none"> 1号機 1階(床、壁) 2号機 1階(床) 	3	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf
	瓦礫 伐採木 <ul style="list-style-type: none"> 1、3、4号機周辺瓦礫 伐採木(枝、葉)、3号機周辺 生木(枝) 	24	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf
	立木 <ul style="list-style-type: none"> 構内各所の立木(枝葉) 	30	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140227/140227_02ww.pdf
26	立木 落葉、土壌 <ul style="list-style-type: none"> 構内各所の立木(枝葉)及びそれに対応する落葉、土壌 	91	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf
	建屋内 瓦礫 <ul style="list-style-type: none"> 1号機・3号機原子炉建屋1階瓦礫 2号機原子炉建屋5階(床)ボーリングコア 	10	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/150326_01_3_7_04.pdf 一部核種分析中
27	汚染水 <ul style="list-style-type: none"> 集中RW地下高汚染水 高温焼却炉建屋地下滞留水 処理後水(セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置) 	9	今回報告内容
	スラリー <ul style="list-style-type: none"> 多核種除去設備スラリー 	2	分析作業継続中

分析内容

■ 水処理二次廃棄物のうち、発生量が多いセシウム吸着装置(KURION、SARRY)の吸着塔のインベントリを把握するため、吸着塔の入口水と出口水の濃度差を用いたインベントリ評価を実施している。

■ これまで、半年毎に試料を採取し、入口水と出口水の核種濃度分析を実施してきており、今回は平成25年度に採取した試料を対象として、以下の核種の放射能分析を実施した。

γ線放出核種 : ^{60}Co , ^{94}Nb , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu

β線放出核種 : ^3H , ^{90}Sr

α線放出核種 : ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm

■ 取得した放射能データは、次の方法で整理。

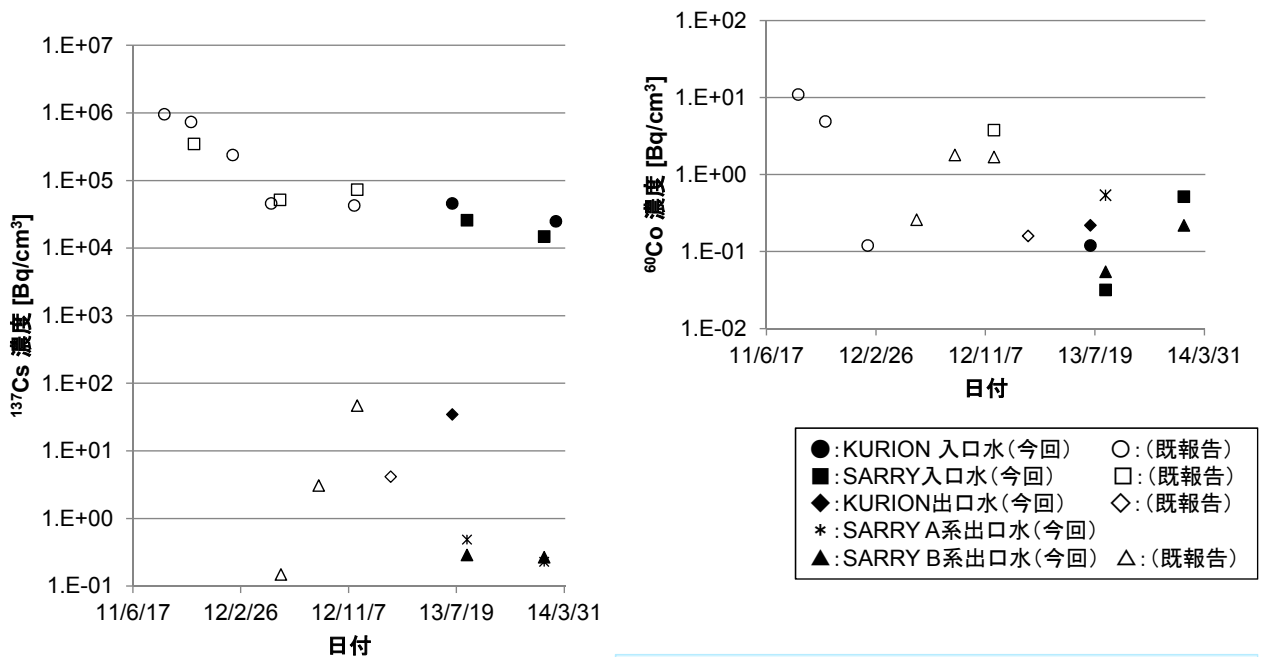
- 検出核種の放射能濃度
- 水試料中の濃度推移

分析試料の情報

試料名		採取日	採取場所	線量率※ ($\mu\text{Sv/h}$)
入口水	LI-RW2-1	H25.7.9	集中RW地下高汚染水 (KURION入口水)	140
	LI-RW2-2	H26.3.11	集中RW地下高汚染水 (KURION入口水)	72
	LI-HTI2-1	H25.8.13	HTI/B地下滞留水 (SARRY入口水)	83
	LI-HTI2-2	H26.2.11	HTI/B地下滞留水 (SARRY入口水)	48
出口水	LI-KU2-1	H25.7.9	KURION出口水	13
	LI-SA2-1	H25.8.13	SARRY A系出口水	12
	LI-SA2-2	H25.8.13	SARRY B系出口水	12
	LI-SA2-3	H26.2.11	SARRY A系出口水	15
	LI-SA2-4	H26.2.11	SARRY B系出口水	17

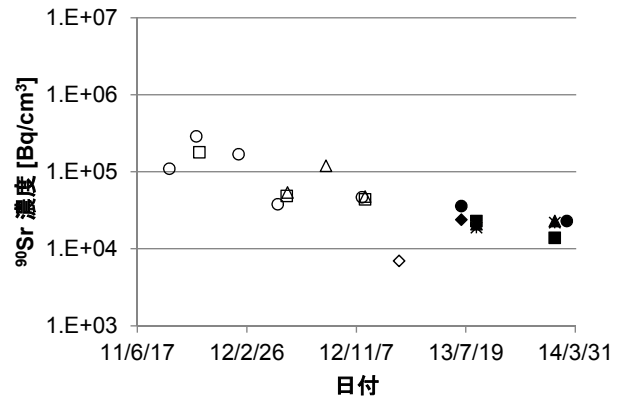
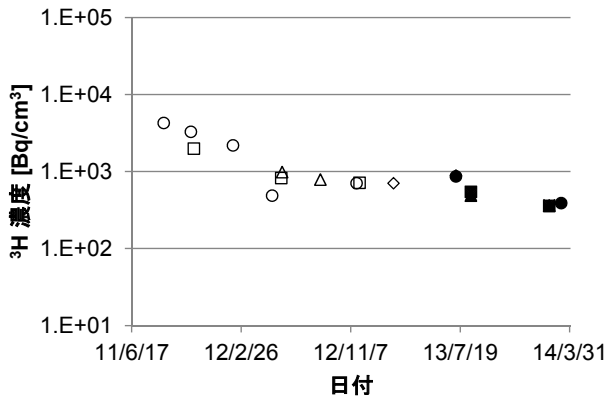
※ 50mlを50ml/バイアル瓶に収納したときの表面線量率。測定日はH26年8月7日であり、B.G.は4.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

γ 線放出核種分析結果



- ^{137}Cs : 入口水濃度の低下は鈍化したまま。出口水濃度は十分低い。
- ^{60}Co : 変動が大きい。

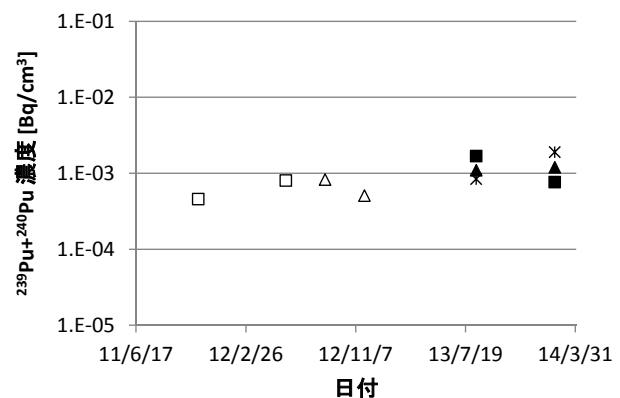
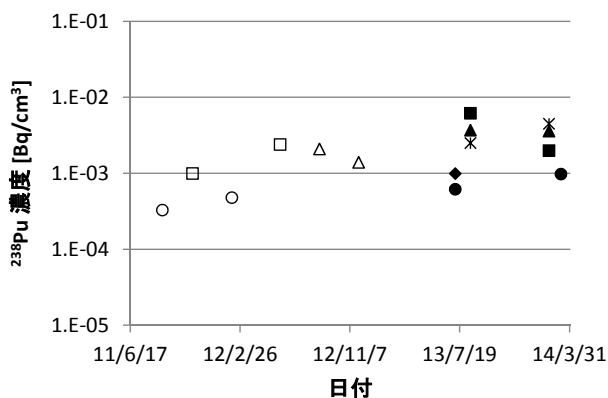
β線放出核種分析結果



- : KURION 入口水(今回) ○: (既報告)
- : SARRY入口水(今回) □: (既報告)
- ◆: KURION出口水(今回) ◇: (既報告)
- *: SARRY A系出口水(今回)
- ▲: SARRY B系出口水(今回) △: (既報告)

➤ ³H, ⁹⁰Sr: 濃度の低下は鈍化傾向である。

α線放出核種分析結果



- : KURION 入口水(今回) ○: (既報告)
- : SARRY入口水(今回) □: (既報告)
- ◆: KURION出口水(今回) ◇: (既報告)
- *: SARRY A系出口水(今回)
- ▲: SARRY B系出口水(今回) △: (既報告)

- ²³⁸Pu: これまでの分析結果と同程度。
- ²³⁹⁺²⁴⁰Pu: これまでの分析結果と同程度。

【参考】「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」における周辺監視区域外の水中の濃度限度
²³⁸Pu、²³⁹Pu、²⁴⁰Puのいずれも 4×10^{-3} Bq/cm³

■Puの由来

- $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比から、今回検出されたPuは福島第一原子力発電所事故に由来するものと考えられる。

■処理した汚染水中のPu量の試算

処理した汚染水120万トン中のPu質量:約0.15 g

(参考 1~3号機合計の炉心燃料Pu質量推定値:約1.8t※)

- これまでに処理した汚染水(H27年4月9日時点で約120万t)が今回の分析値と同程度の放射能濃度と仮定
- 分析値誤差の小さい ^{238}Pu 放射能濃度とPu同位体組成の推定値※を用いてPu合計質量を算出

※ 出典:日本原子力機構研究報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」

まとめ

■検出された核種

^3H , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$

- これまでの分析結果と燃料インベントリを比較すると、 α 核種は汚染水処理設備の入口水、出口水にほとんど含まれていないと考えられる。

- 出入口濃度の差が小さい核種については、データのばらつきを考慮すると水処理二次廃棄物のインベントリ評価が難しいため、解析等により推定する手法もあわせて検討している。

- 平成23年度より廃棄物試料の分析を実施している。引き続き試料採取、分析を行い、事故の影響が考えられる廃棄物の放射能濃度等に関するデータの蓄積に努め、廃棄物の処理・処分の研究開発に活用していく。

参考資料

水試料の放射能分析

γ線放出核種分析結果

No.	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)
3	LI-RW2-1 ※1	$(1.2 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 1 \times 10^{-1}$	$(4.6 \pm 0.1) \times 10^4$	$< 4 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
4	LI-RW2-2	$< 5 \times 10^{-2}$	$< 8 \times 10^{-2}$	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^4$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
5	LI-HTI2-1	$(3.2 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(2.6 \pm 0.1) \times 10^4$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
6	LI-HTI2-2 ※1	$(5.2 \pm 0.3) \times 10^{-1}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^4$	$< 3 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
7	LI-KU2-1 ※2	$(2.2 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 9 \times 10^{-2}$	$(3.5 \pm 0.1) \times 10^1$	$< 4 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
8	LI-SA2-1 ※2	$(5.4 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(4.9 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
9	LI-SA2-2	$(5.5 \pm 0.9) \times 10^{-2}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(2.9 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
10	LI-SA2-3	$< 4 \times 10^{-2}$	$< 6 \times 10^{-2}$	$(2.3 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$
11	LI-SA2-4 ※2	$(2.2 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 7 \times 10^{-2}$	$(2.7 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-1}$

- ⁶⁰Co: 2試料を除き検出。
- ¹³⁷Cs: 全ての試料で検出。
- ⁹⁴Nb, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu: 全ての試料で不検出。

放射能濃度は、試料の輸送日において補正。(2014.9.25の値)
分析値の±後の数値は、計数値誤差である。

※1 ¹³⁷Cs濃度は浮遊物(沈殿物)込みでの分析結果
※2 ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs濃度は浮遊物(沈殿物)込みでの分析結果

β線放出核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 [Bq/cm ³]	
		³ H (約12年)	⁹⁰ Sr (約29年)
3	LI-RW2-1	$(8.7 \pm 0.1) \times 10^2$	$(3.6 \pm 0.1) \times 10^4$
4	LI-RW2-2	$(3.9 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^4$
5	LI-HTI2-1	$(5.5 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^4$
6	LI-HTI2-2	$(3.6 \pm 0.1) \times 10^2$	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^4$
7	LI-KU2-1	$(8.9 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.4 \pm 0.1) \times 10^4$
8	LI-SA2-1	$(5.0 \pm 0.1) \times 10^2$	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^4$
9	LI-SA2-2	$(4.9 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.1 \pm 0.1) \times 10^4$
10	LI-SA2-3	$(3.7 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^4$
11	LI-SA2-4	$(3.6 \pm 0.1) \times 10^2$	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^4$

➤ ³H, ⁹⁰Sr: 全ての試料で検出。

放射能濃度は、試料の輸送日において補正。(2014.9.25の値)
分析値の±の後の数値は、計数値誤差である。

α線放出核種分析結果

No.	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)
3	LI-RW2-1	$(6.2 \pm 1.4) \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 4 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
4	LI-RW2-2	$(9.8 \pm 2.3) \times 10^{-4}$	$< 5 \times 10^{-4}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
5	LI-HTI2-1	$(6.2 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(1.7 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
6	LI-HTI2-2	$(2.0 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$(7.7 \pm 1.2) \times 10^{-4}$	$< 4 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
7	LI-KU2-1	$(9.9 \pm 1.8) \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
8	LI-SA2-1	$(2.5 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(8.4 \pm 1.8) \times 10^{-4}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
9	LI-SA2-2	$(3.7 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	$(1.1 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
10	LI-SA2-3	$(4.5 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$(1.9 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$< 6 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$
11	LI-SA2-4	$(3.6 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$(1.2 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$< 3 \times 10^{-4}$	$< 3 \times 10^{-4}$

- ²³⁸Pu: 全ての試料で検出。
今回の検出値は、これまでの水試料の分析結果と同程度。
- ²³⁹⁺²⁴⁰Pu: KURION入口水の2試料とKURION出口水の1試料を除き検出。
- ²⁴¹Am, ²⁴⁴Cm: 全ての試料で不検出。

放射能濃度は、試料の輸送日において補正。(2014.9.25の値)
分析値の±の後の数値は、計数値誤差である。