

IRID

平成31年4月25日修正版 (修正箇所; P28)

福島第一原子力発電所構内で 採取した瓦礫の分析

平成28年4月28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

- ■原子炉建屋の解体廃棄物は発生量(体積、質量)と放射能の観 点で重要であり、早期にインベントリを評価することが望まれる。 このために、建屋の内部で得られる試料は、汚染状態を把握する 上で優先度が高い。
- ■これまで発電所構内で採取した汚染水、瓦礫、伐採木などの分析 を実施してきたが、今回、原子炉建屋内で採取された瓦礫(建屋 内瓦礫)及び覆土式一時保管施設で採取された瓦礫(覆土瓦礫)を 採取して分析し、結果が得られたことから報告する。
- ■また、1号機タービン建屋滞留水処理に関する現場調査において、同タービン建屋地下階の床で砂試料が採取された。当該エリアの放射性核種組成を被ばく管理と廃棄物管理の観点から把握するために、砂試料を純水浸漬/硝酸溶出した溶液を分析し、結果が得られたことから報告する。





廃棄物試料の分析状況

年度		試料	試料数	発表等
23- 26	水処理設備 出入口水	 1~4号機タービン建屋滞留水等 集中RW地下高汚染水 淡水化装置濃縮水 高温焼却炉建屋地下滞留水 処理後水(セシウム吸着装置、第ニセシウム吸着装置) 	25	http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima- np/images/handouts_110522_04-j.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120924/1209 24_01jj.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/1306 27_02kk.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/1311 28_01ss.pdf
	建屋内瓦礫 ボーリングコア	 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 1号機原子炉建屋1階(床、壁)ボーリングコア 2号機原子炉建屋1階(床)ボーリングコア 	13	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/1308 28_01nn.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/1503 26_01_3_7_04.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/ committee/osensuitaisakuteam/2015/pdf/1001_3_4d.pdf
	瓦礫 伐採木	 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/140130/1401 30_01tt.pdf
	立木 落葉、土壌	 構内各所の立木(枝葉)及びそれに対応する落葉、 土壌 	121	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140227/1402 27_02ww.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150326/1503 26_01_3_7_04.pdf
27	水処理設備 出入口水	 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、第ニセシウム吸着装置、 除染装置、多核種除去設備) 	26	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/ committee/osensuitaisakuteam/2015/pdf/0730_3_4c.pdf http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/ committee/osensuitaisakuteam/2016/pdf/0331_3_4f.pdf
	スラリー	• 多核種除去設備スラリー(既設)	2	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/ committee/osensuitaisakuteam/2015/pdf/0827_3_4c.pdf
	瓦礫	• 1、2、3号機原子炉建屋内瓦礫	3	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/ committee/osensuitaisakuteam/2015/pdf/1001_3_4d.pdf
	瓦礫	 1、2、3号機原子炉建屋内瓦礫 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 	30	今回報告
	スラリー	• 多核種除去設備スラリー(既設、増設)	2	http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissio ning/committee/osensuitaisakuteam/2016/pdf/0128_3_4 d.pdf

IRID



建屋内瓦礫、覆土瓦礫の分析



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning



分析内容(建屋内瓦礫、覆土瓦礫)

- ■建屋内瓦礫(コンクリート、保温材、デッキプレート、ボーリングコア(表面塗膜))、覆土瓦礫を採取し、放射能を分析した。
- 以下の核種を対象として分析した[※]。 γ核種:⁶⁰Co, ⁹⁴Nb, ¹³⁷Cs, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu β核種:³H, ¹⁴C, ³⁶Cl, ⁵⁹Ni, ⁶³Ni, ⁷⁹Se, ⁹⁰Sr, ⁹⁹Tc, ¹²⁹I α 核種:²³³U, ²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁶U, ²³⁸U, ²³⁷Np, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴²Pu, ²⁴¹Am, ²⁴³Am, ²⁴⁴Cm, 全α
- 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
 - ▶ 核種濃度の分布



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

※分析は、日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所(原科研)とニュークリア・デベロップメント株式会社(NDC)で実施した。



試料の採取(建屋内瓦礫)

■コンクリート片・保温材

場所:1号機 1階(平成25年10月):1RB-AS-R2,R5,R7,R8,R9,R11

3号機1階(平成26年3月):3RB-AS-R1,R2,R5,R7,R9,R10,R11 方法:遠隔重機「ASTACO-SoRa」を用いた障害物撤去作業において回収された瓦礫 から、建屋搬出時に握り拳程度の大きさのものを採取し、その一部を分析用に 輸送。







試料の採取(建屋内瓦礫)

■ ボーリングコア

場所:1号機1階(平成26年2月):1RB-DE-C1

方法:「建屋内の遠隔除染技術の開発」において、採取されたボーリングコア試料(直 径約40 mm)から表面塗膜※を採取し、分析用に輸送。



1号機原子炉建屋1階

※ 過去のボーリングコア測定の知見に基づき、汚染度合いが高い表面塗膜のみを採取・分析。





試料の採取(建屋内瓦礫)

■ デッキプレート

場所:2号機5階(平成26年1月,2月):2RB-DE-D1, D2, D3, D4, D5

方法:「建屋内の遠隔除染技術の開発」において、建屋屋上から5か所を穿孔した際 に回収した天井部のデッキプレートから、それぞれ約30mm角の切断片5枚を 採取し、分析用に輸送。







試料 2RB-DE-D3 の外観 (約30mm角の切断片5枚の採取前)

引用資料:http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01hh.pdf



JAEA

試料の性状(建屋内瓦礫)

No	影 牛笙	≣ 」 #31 々	坦武	表面線量率	質量 ^{※1}	面積
NO.	心认守	武行口		(µSv/h)	(g)	(c m²)
1	コンクリート	1RB-AS-R2	1号機原子炉建屋1階	32	4	—
2	表面塗膜	1RB-AS-R5	1号機原子炉建屋1階	1500	17	—
3	保温材	1RB-AS-R7	1号機原子炉建屋1階	800	11	—
4	保温材	1RB-AS-R8	1号機原子炉建屋1階	750	23	—
5	コンクリート	1RB-AS-R9	1号機原子炉建屋1階	52	5	—
6	保温材	1RB-AS-R11	1号機原子炉建屋1階	870	24	—
7	コア表面塗膜	1RB-DE-C1	1号機原子炉建屋1階	14	10	12.56 ^{※3}
8	デッキプレート	2RB-DE-D1	2号機原子炉建屋5階	11 ^{※2}	59 ^{※2}	—
9	デッキプレート	2RB-DE-D2	2号機原子炉建屋5階	3.6 ^{※2}	58 ^{※2}	—
10	デッキプレート	2RB-DE-D3	2号機原子炉建屋5階	26 ^{※2}	57 ^{※2}	—
11	デッキプレート	2RB-DE-D4	2号機原子炉建屋5階	3.0 ^{※2}	59 ^{※2}	—
12	デッキプレート	2RB-DE-D5	2号機原子炉建屋5階	18 ^{※2}	57 ^{※2}	—
13	コンクリート	3RB-AS-R1	3号機原子炉建屋1階	22	25	—
14	コンクリート	3RB-AS-R2	3号機原子炉建屋1階	57	17	—
15	コンクリート	3RB-AS-R5	3号機原子炉建屋1階	25	24	—
16	コンクリート	3RB-AS-R7	3号機原子炉建屋1階	31	9	—
17	コンクリート	3RB-AS-R9	3号機原子炉建屋1階	530	23	—
18	コンクリート	3RB-AS-R10	3号機原子炉建屋1階	30	15	—
19	保温材	3RB-AS-R11	3号機原子炉建屋1階	1200	21	—

IRID

※1 各試料の受入量

※2 表面線量率は5枚のうち最大値、質量は5枚の総和。

※3 塗膜(樹脂)の表面積。

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning



H27.10.1公表分を含む



▶ 1,3号機では比例関係が見られる。

³ H/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※1	燃料放射能比※2	
1.1 × 10 ⁻⁴	4.8×10 ⁻³	

※1:1~3号機の建屋内瓦礫(昨年度分析値を含む)の検出値の平均値



> 3号機では比例関係が見られる。

¹⁴ C/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※1	燃料放射能比※2	
2.1 × 10 ⁻⁵	9.7×10 ⁻⁷	

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

※2:1~3号機被照射燃料について計算したH23.3.11時点の放射能(日本原子力研究開発機構報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」)

④ 建屋内瓦礫の⁶⁰Co, ⁹⁰Srと¹³⁷Cs濃度の関係



▶ 2号機の一部を除き、比例関係が見られる。

⁶⁰ Co/ ¹³⁷ Cs比			
分析濃度※1	燃料放射能比※2		
2.1 × 10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁵		

※1:1~3号機の建屋内瓦礫(昨年度分析値を含む)の検出値の平均値



 比例関係が見られ、⁹⁰Sr/¹³⁷Cs比は1
 号機が高め、3号機は低めの傾向。

⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※1	燃料放射能比※2	
1.9×10 ⁻³	7.5 × 10 ⁻¹	



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

※2:1~3号機被照射燃料について計算したH23.3.11時点の放射能(日本原子力研究開発機構報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」)

@ 建屋内瓦礫の129I, 238Puと137Cs濃度の関係





▶ 有意値で検出した試料では比例関係が 見られ、¹²⁹I/¹³⁷Cs比が10⁻⁶と10⁻⁷の間に ある。

¹²⁹ I/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※1	燃料放射能比※2	
5.2×10 ⁻⁷	2.9×10 ⁻⁷	

※1:1~3号機の建屋内瓦礫(昨年度分析値を含む)の検出値の平均値

▶ 2号機の一部を除き比例関係が見られ、 ²³⁸Pu/¹³⁷Cs比が10⁻⁶と10⁻⁸の間にある。

²³⁸ Pu/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※1	燃料放射能比※2	
2.1 × 10 ⁻⁷	2.1 × 10 ⁻²	



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

※2:1~3号機被照射燃料について計算したH23.3.11時点の放射能(日本原子力研究開発機構報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」)



試料の採取(覆土瓦礫)

■コンクリート片

場所:覆土式一時保管施設

第1槽(平成24年9月~平成24年11月):1SC-R1~R5

第2槽(平成24年12月~平成25年2月):2SC-R1~R5

方法:覆土式一時保管施設において大量に搬入された瓦礫から、瓦礫搬入時に握り 拳程度の大きさのものを採取し、その一部を分析用に輸送。なお、覆土される 瓦礫は、1~30mSv/hに区分される瓦礫。



搬入された瓦礫の状況(覆土前)



覆土後の状況





試料の性状(覆土瓦礫)

No	形状等	試料名	堤所	表面線量率	質 量 [※]
110.				(µSv/h)	(g)
1	コンクリート	1SC-R1	第1槽	2.5	5
2	コンクリート	1SC-R2	第1槽	3.0	5
3	コンクリート	1SC-R3	第1槽	2.5	5
4	コンクリート	1SC-R4	第1槽	2.0	5
5	コンクリート	1SC-R5	第1槽	2.3	5
6	コンクリート	2SC-R1	第2槽	2.5	5
7	コンクリート	2SC-R2	第2槽	2.0	5
8	コンクリート	2SC-R3	第2槽	2.0	5
9	コンクリート	2SC-R4	第2槽	2.1	5
10	コンクリート	2SC-R5	第2槽	2.2	5



第1槽コンクリート (1SC-R5)



第2槽コンクリート (2SC-R2)





覆土瓦礫の⁶⁰Co, ⁹⁰Srと¹³⁷Cs濃度の関係



第2槽の試料より検出。建屋周辺瓦 礫の放射能濃度と同程度である。

⁶⁰ Co/ ¹³⁷ Cs比			
分析濃度※2	燃料放射能比※3		
1.7×10 ⁻⁴	1.3 × 10 ⁻⁵		

▶※2:覆土第1槽及び覆土第2槽の検出値の平均値

※1:原子炉建屋周辺で採取した瓦礫(周辺瓦礫)は、H26.1.30に公表

※1 建屋周辺瓦礫 10³ 覆土1槽 覆土2槽 ³⁰Srの放射能濃度(Bq/g) 10¹ 10-1 Ø 10⁻⁴ 10-2 (白抜きは検出下限値) 10-3 100 10^{4} 10⁶ 10^{2} ¹³⁷Csの放射能濃度(Bq/g)

> 第1槽、第2槽の試料より検出。建屋 周辺瓦礫の放射能濃度と同程度で ある。

⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs比		
分析濃度※2	燃料放射能比※3	
6.2×10 ⁻⁴	7.5 × 10 ⁻¹	

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

「※3:1~3号機被照射燃料について計算したH23.3.11時点の放射能(日本原子力研究開発機構報告書「JAEA-Data/Code 2012-018」)



建屋内瓦礫及び覆土瓦礫の分析結果のまとめ

■検出された核種

γ核種:⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ¹⁵⁴Eu β核種:³H, ¹⁴C, ⁷⁹Se, ⁹⁰Sr, ⁹⁹Tc, ¹²⁹I α核種:²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁸U, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴⁴Cm, 全α

■平成23年度より廃棄物試料の分析を実施している。 得られた結果は、解体廃棄物等のインベントリ精度向上に向け、解析的に算出したインベントリの妥当性検証などの廃棄物処理・処分の研究開発に活用している。 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る。

