IRID

平成30年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」 「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた 技術の開発(燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発)」

2020年度最終成果報告

2021年7月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

事業開始時の事業名称は「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発(燃料デブリの ダスト集塵システムの技術開発)」であるが、廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第75回) において公開された2020年度廃炉研究開発計画に合わせ、「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規 模の更なる拡大に向けた技術の開発(燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発)」と変更した。

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

目次

- 1. 本研究の背景・目的
 - 1.1 本研究が必要な理由
- 1.2 本研究の成果の反映先と寄与
- 2. 本研究の実施項目及び目標
 - 2.1 本研究の実施項目及び目標
 - 2.2 本研究の課題
 - 2.3 実施項目間の関連性
- 3. 他研究との連携
- 4. 本研究の実施体制
- 5. 本研究の実施スケジュール
- 6. 本研究の実施内容
 - 6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発
 - 6.2 ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発
 - 6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験

7. まとめ

8. 実施目的を達成するための具体的目標



1.本研究の背景 目的 1.1 本研究が必要な理由

燃料デブリの切削等の加工には、燃料デブリの特性に応じた様々な加工方法が検討、 開発されている一方、加工によってダストが気相に移行する放射性物質量は、飛散抑 制を考慮していない保守的な評価となっている。(※1)

今後、合理的な環境制御システム設計及び保守・運用計画を作成するにあたり、 加工によってダストが気相に移行する実力値を確認する必要がある。



本研究では、燃料デブリの加工時に発生するダストの集塵システムの開発、及 び燃料デブリ(※2)加工時におけるダスト飛散データ(ダストの気相、液相 への移行率、集塵効率)の取得を行う。

※1:電中研「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック(第3次版)より ※2:本研究では1F実燃料を模擬した酸化ウラン(U0₂)、セリア、燃料被覆管を用いる。



1. 本研究の背景・目的 1. 2 本研究の成果の反映先と寄与

燃料デブリの加工時に発生するダストの集塵・飛散抑制システムを開発し、燃料デブリ加工時の ダスト飛散データ取得に寄与する。



IRID

2.本研究の実施項目及び目標 2.1本研究の実施項目及び目標

(1)ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

燃料デブリ加工時のダスト等の拡散防止を目的とし、加工点近傍における拡散防止構造と効率的な集塵技術 や、拡散抑制技術について、従来技術を踏まえて現場適用性を評価する。

(目標) ①ダスト集塵・飛散抑制システムと加エヘッドの概念設計と実機適用性評価

②ダスト集塵・飛散抑制システムと加エヘッドの基本仕様策定、系統設計

(2)ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

燃料デブリ取り出し機器・装置(燃料デブリ切削・集塵システム、コンテナや作業テーブル、監視装置やそれを 取り扱うロボットアーム等)は高線量エリアに設置されることから、原則、遠隔で保守を行う必要がある。そのた め、燃料デブリを取扱うことに配慮した機器・装置に関する保守方法の検討を行う。

(目標)①遠隔保守方法と必要設備の概念設計

(3)ダスト集塵・飛散抑制評価試験

「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加工工法の中から代表工法を選定し、 加工工法に対して試験要領、試験マトリックス及び試験体系を検討する。また、ダスト評価試験装置を設計、試 作し、同試験機にて燃料デブリ模擬試験体に対するダスト飛散試験を行い、加エヘッド周辺の空間へのダスト の気中移行率、水中移行率を評価する試験を行う。

(目標) ①ダスト集塵・飛散抑制評価要領の策定

②ダスト集塵・飛散抑制評価試験



2.本研究の実施項目及び目標 2.2本研究の課題

平成28年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化」(平成29~30年度実施)でダスト集塵・飛散抑制システム(ミスト、水エジェクタ)での ダスト飛散抑制効果を評価した。本成果を活用した本PJの課題は下記のとおり。

(課題)

・遠隔保守等の現場適用性を考慮した、気中および水中の燃料デブリ加工点近傍における
 ダスト集塵・抑制システムの概念検討

⇒下記の実施項目にて対応

- (1)ダスト集塵・飛散抑制システムの開発
- (2)ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

・原子炉格納容器内の各部における加工時のダストの気相、液相への移行率、集塵効率を評価

⇒下記の実施項目にて対応

(3)ダスト集塵・飛散抑制評価試験





3. 他研究との連携





4. 本研究の実施体制

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構では、東芝エネルギーシステム株式会社と技術開発に おいて連携し、燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術(燃料デブリのダスト集塵シス テムの技術)を開発する。また、プロジェクトの全体管理は、技術研究組合 国際廃炉研究開発 機構が行う。



4. 本研究の実施体制



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

5. 本研究の実施スケジュール

	小分類						令和	元年月	变					令和2年度				備考								
	2 C C C C	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10F] 11)	月12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	(状況)
																										・燃料模擬体を用
a.	ダスト集塵・飛散抑制システムの概念検討		ダス	ト集層	・飛背	抑制	システ	本の根	【念検言	対及び実	機適用	1生評価	1					(凡	,例)							いたダスト飛散評
	及び実機適用性評価																				• 計画	面工程				価試験に向けて、
b.	加工ヘッドの基本仕様策定、系統設計、評価					加工へ	ッドの	の基本化	士様策	定、系統	充設計、	評価									・前信	到し工	.程			タスト集塵・加上
														l							· ±%	唐				ヘットを製作校
	1					-			1	加工	ヘッド	基本設	+					_			· 大/	贝				0 L
с.	加上ヘッドの設計								-	-		1														
														*	加工へ	ッド設	#計									
																		加工	↑ッド	製作						
d.	まとめ																							まとめ		1
						-		-	+	+		-						-	+							非常時(故障時)
					保守方	法のま	え方の	の整理		_																の保守作業ステッ
a.	保守方法の考え方の整理							1		-								ļ								プ図を反映完了。
										ł								1) タ	スト集	塵・升	對抑制	システ	ムの開	発で		
b.	保守方法の検討、ステップ図作成							任	呆 行方:	法の検討	小 スラ	ヨップ 🛛	作成					2 設計	した加	エヘッ	「ドにス	テップ	図を反	映		
																										1
C	まとめ																							まとめ		
0.										_													_			
						ļ											ļ									
																										・燃料関旗体を用
a.	ダスト集塵・飛散抑制評価要領の策定				ダフ	ト集勝	聾・飛	散抑制	評価要	厚領の策	定	~~~~~														いたダストポ剤許
											予備	試験		計馬	aマトリ	ックス	;;;;; 5;	金休系								叫叫动魂火力口」。
														試驗	設備の	検討	1-02									1
												-														1
						-			_	_								試驗	装置。	試驗片	製作					
b.	タムト集歴・飛散抑制評価試験																									ļ
																				ダス	ト集塵	飛散	印制評	西試験		
с.	まとめ																							まとめ		
																										1
		75	▲	1	ľ	<u>†</u>					1	1				1			T	1		<u>t</u>			▲IDR	
-	土安なマイルストーン		I'I /K/L					14 (B) 4				1 i	# 度報台	Ť							1月11日	Ŧ		最終	△ 冬報告	
	a. b. c. d. a. b. c. c.	小分類	小分類 4月 4月 福 ダスト集塵・飛散抑制システムの概念検討 及び実機適用性評価 1 1 1 1 加工ヘッドの基本仕様策定、系統設計、評価 1 1 加工ヘッドの基本仕様策定、系統設計、評価 1 1 加工ヘッドの設計 1 1 加工ヘッドの設計 1 1 加工ヘッドの設計 1 1 ホーッドの設計 1 1 ホーッドの決力を受け、ステップ回作成 1 1 ホーット集慶・飛散抑制評価要領の策定 1 1 メート集慶・飛散抑制評価試験 1 1 エーット集慶・飛散抑制評価 1 1 エー・ホーットリント 1 1 エー・ホーットリント 1	中分類	小分類 一 一 月 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<>	小分類 「「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 a. ズスト集塵・飛散抑制システムの概念検討 及び実機適用性評価 「」」」」 「」」」 「」」」」 「」」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」」 「」」」」 「」」」」 「」」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」 「」」」	小分類 ブメト集座・飛散抑制システムの概念検討 次び実機適用性評価 ブメト集 「スレーレントレントレントレントレントレントレントレントレントレントレントレントレントレ	+ 十字数 に いっかい しん	小分類 三日 三日 <th< td=""><td>小分類 バー <th< td=""><td>+ 小分類</td><td>小分類 10月 1月 8月 9月 1月 111 111 111 111 111 111 111 111 111 111 <th111< th=""> <th111< th=""> <th111< th=""></th111<></th111<></th111<></td><td>小分類 一日 日月 1月 1</td><td></td><td>小分類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</td><td>小分類 100 (1) 1</td><td></td><td>小分預一方用 大学7月</td></th<><td>小分類 小子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子</td><td>horizona Appendix Appendix</td><td>horigina </td><td>小分預 バッド・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・</td><td>小分類 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<></td><td>hodd rotation <th< td=""><td>hoda index index</td><td>1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<></td></th<></td></td></th<>	小分類 バー バー <th< td=""><td>+ 小分類</td><td>小分類 10月 1月 8月 9月 1月 111 111 111 111 111 111 111 111 111 111 <th111< th=""> <th111< th=""> <th111< th=""></th111<></th111<></th111<></td><td>小分類 一日 日月 1月 1</td><td></td><td>小分類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</td><td>小分類 100 (1) 1</td><td></td><td>小分預一方用 大学7月</td></th<> <td>小分類 小子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子</td> <td>horizona Appendix Appendix</td> <td>horigina </td> <td>小分預 バッド・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・</td> <td>小分類 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<></td> <td>hodd rotation <th< td=""><td>hoda index index</td><td>1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<></td></th<></td>	+ 小分類	小分類 10月 1月 8月 9月 1月 111 111 111 111 111 111 111 111 111 111 <th111< th=""> <th111< th=""> <th111< th=""></th111<></th111<></th111<>	小分類 一日 日月 1月 1		小分類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	小分類 100 (1) 1		小分預一方用 大学7月	小分類 小子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子子	horizona Appendix Appendix	horigina	小分預 バッド・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・ボー・	小分類 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<>	hodd rotation rotation <th< td=""><td>hoda index index</td><td>1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<></td></th<>	hoda index index	1 1 <th1< th=""> 1 1 1</th1<>





6. 本研究の実施内容 6. 1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

IRID

実施内容と達成度(黒字:2019年度実施内容、青字:2020年度実施内容)

(1)ダスト集塵	┋・飛散抑制システムの開発(*1)	実施内容/達成度	
 ダスト集 塵・飛散抑制 システムと加 エヘッドの概 念設計と実価 	従来のダスト集塵技術の調査を行った 上で、「燃料デブリ・炉内構造物の取り 出しに向けた技術の開発」で選定された 加工工法に対するダスト集塵技術の得 失評価を行う。ダスト集塵技術の横アク セス工法・上アクセス工法に対する実機 適用性の評価結果が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)	「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で 選定された加工工法に対する ダスト集塵技術の得失評価	ダスト集塵技術の得失評価としてフィルタ、水エジェクタ、ミストの3 点で評価を行い、実機適用性や保守性の観点から水エジェクタ、ミ ストが優れていることを確認した。(2019年度完了)
		ダスト集塵技術の横アクセ スエ法・上アクセスエ法に対 する実機適用性の評価	加エヘッドの外形寸法や重量、加工時の反力や電源、ユーティリ ティに関し、実機適用性の観点で適合していることを確認した。 (2019年度完了)
 ②ダスト集 塵・飛散抑制 システムと加 エヘッドの基 本仕様策定、 系統設計 	「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに 向けた技術の開発」で選定された加工 工法に対するダスト集塵・飛散抑制シス	ダスト集塵・飛散抑制システム と加エヘッドの基本仕様の一 覧表	加エヘッドの基本仕様として、外形寸法や重量、加工時の反力や電 源、ユーティリティに関する一覧表を作成した。(2019年度完了)
	テムと加エヘッドの基本仕様の一覧表、 系統図、概念設計図が示されること。 (終了時目標TRL:レベル3)	系統図、概念設計図	・加エヘッドの系統図、概念設計図を作成した。 (2019年度完了)
			・2020年度上期は前年度(2019年度)検討されたダスト集塵・飛散抑 制機能付きの加エヘッドの基本設計に基づき、(3)ダスト集塵・飛散 抑制評価試験向けた加エヘッドを設計し、製作完了した。 (2020年度完了)

*1:8. 実施目的を達成するための具体的目標より



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

【ダスト集塵技術 実機適用性及び保守性の観点での得失評価】

〇ダスト集塵·飛散抑制システムの構成イメージ

(フィルタ方式)

A)排風機+フィルタによる集塵(吸引回収)方式と C)ミストによる凝集、水移行方式の組み合わせ



(水エジェクタ方式)

B)水エジェクタによる吸引、水移行方式 とC)ミストによる凝集、水移行方式の組み合わせ





6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

【ダスト集塵技術 実機適用性及び保守性の観点での得失評価】

·実機適用性

項目	A:フィルタ	B:水移行 (水エジェ クタ)	C:ミスト	項目	A:フィルタ	B:水移行 (水エジェ クタ)	C:ミスト
集塵効果 ※1	低い (フィルタが濡れる ことで吸引力が低	あり	あり	フィルタ交換	必要 (廃棄物として搬 出。頻度不確実)	不要	不要
	トする可能性かめ るため)			集塵水処理 ※3	不要 (逆洗フィルタの場	不要 (PCV内に排水	不要 (PCV内に散布のため)
設置負荷 ※2	小~中規模 (燃料デブリ取り出 し装置準備に含む)	小~中規模	小~中規模 (燃料デブリ取り出し 装置準備に含む)		合はPCV内排水)	のため)	
		(燃料テノリ取り出し装置準備に含む)		廃棄物量	多い	少ない	少ない
設備のPCV 外事前設置 工事	不要 (加工装置に小型 集塵装置搭載のた め)	不要 (加工装置に小 型集塵装置搭載 のため。加工用 水の一部を使 用)	不要 (加工装置に小型集 塵装置搭載のため。 加工用水の一部を 使用)	上記以外の想 定される保守 作業	1)加エヘッド交換 (加工装置に搭載 し、ツールチェン ジャの場合)	1)加エヘッド交 換(加工装置に 搭載し、ツール チェンジャの場 合)	1)加エヘッド交換(加 工装置に搭載し、ツー ルチェンジャの場合)
設備のPCV 内事前設置 工事	事前設置工事なし (加エヘッドと集塵 装置の着脱)	事前設置工事な し (加エヘッドの着 脱)	事前設置工事なし (加工装置への搭載、 加エヘッドの着脱)	※1: PCV内雰囲気 ※2:設置工事の負荷 ※3:通常のPCV内	において被ばく評価上景 が高いと、取り出し工業 滞留水の汚染水処理以4	影響が大きい粒径分布 事スループット、保守 Mに加工時に回収する	5の集塵効果 F作業負荷を増加させる。 5加工水の処理の要否を示す

•実機保守性

実機適用性及び保守性の観点からは水エジェクタ、ミストが優れていることから、 本PIでは水エジェクタとミストに着目して開発を進めた。

IRID

燃料デブリを搬送するルート

RD

6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

【「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加工工法】

			ツール							
1) 磯禰切断	構造物	分類		横取り出し	上取	り出し				
			PLAN-A	PLAN-B	PLAN-C	ルートA	ルートB			
・ディスクカッター	シールドプラグ	固体放射性廃棄物	-	-	-	ワイヤーソー	ワイヤーソー			
	DSスロットプラグ	固体放射性廃棄物	-	-	-	—	ワイヤーソー			
-エギリ	PCVヘッド	固体放射性廃棄物	-	-	-	レーザ/プラズマ	AWJ			
・テセル	RPV保温材/配管	固体放射性廃棄物	-	-	-	レーザ/プラズマ	AWJ			
	RPVヘッド	固体放射性廃棄物	-	-	-	レーザ/プラズマ	AWJ			
・コアホーリンク	蒸気乾燥器	固体放射性廃棄物	-	-	-	バンドソー	AWJ			
	シュラウドヘッド(気水分離器含む)	固体放射性廃棄物	-	-	-	ディスクカッター	ディスクカッター			
= A\A/I	上部格子板	燃料デブリ	-	-	-	レーザ	AWJ			
	シュラウド	燃料デブリ	-	-	-	-	AWJ			
○ \ 売力 占与 上寸 №℃	ジェットポンプ	燃料デブリ	-	-	-	-	AWJ			
2) 熟的切断	炉心部燃料デブリ	燃料デブリ	-	-	-	レーザガウジング	AWJ			
	炉心支持板	燃料デブリ	-	-	-	レーザ	AWJ			
・レーザガウジング	RPV底部燃料デブリ	燃料デブリ	-	-	-	レーザガウジング	レーザ			
	BPV底部	燃料デブリ	_	_	_	AWJ	AWI			
• L/++ [*]		7300117 7 7				レーザ	/////			
	RPV下部/CRDハウジングと付着した燃	燃料デブリ	ディスクカッター	ディスクカッター	ディスクカッター	AWJ	AWI			
	料デブリ	///////////////////////////////////////				レーザ				
・ノフスマ	ペデスタル内部構造物	燃料デブリ	ディスクカッター	ディスクカッター	ディスクカッター	ディスクソー	AWJ			
		///////////////////////////////////////				,	レーザ			
	CRD交換機	燃料デブリ	ディスクカッター	ディスクカッター	ディスクカッター	ディスクソー	AWJ			
							レーザ			
			塊状 コアボーリ	チゼル						
# 兄)		landed	ング							
mzz/ 料デブリ取り出し工法については様々な工法/ルートが検討されており、	ペデスタル内部燃料デブリ	燃料デブリ	小石状 回収ツール	コアボーリング	ディスクカッター	チゼル	レーザ			
れぞれ名称がつけられている。各プラン/ルートの概要は下記のとおり。			粒状 吸引回収装	レーザガウジング						
			置			-				
す取り出し PLAN-B:アクセストンネルの活用による号機を問わない工法			塊状 コアホーリ	チゼル						
取り出し PLAN-C:X-6ペネを活用した工法	ペニマ クリ の 辺線地 ニブリ	1444 ×1 == + 11		コマギ リング		(儿例)				
- 퍼니네니 ㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋㅋ	ヘテスダル外部燃料テノリ	窓科テノリ	小石状回収ツール	コアホーリング	ティスクカッター		の			
E取り出し ルートA:オペフロ上の燃料ナフリ取り出し用セルで遮へいし、 燃料デブリを搬送するルート			粒状 爱 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现 现	レーザガウジング			- 9 寺を用いたり			
上取り出し ルートB:オペフロのシールドプラグを残して遮へいし、			直							

出典:※1)平成28年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化(2018年度)

従来の国の補助事業※1で、上記切断・加工法の適用が想定されている。

6.本研究の実施内容
 6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発
 【ダスト飛散抑制加エヘッドの概念検討】

〇機械切断加エヘッド





6.1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

【ダスト飛散抑制加エヘッドの概念検討(続き)】 〇熱的切断加エヘッド



水エジェクタ及びミストは、小型軽量のため、

燃料デブリ取り出しに適用の可能性のある加エヘッドに応用可能であることを確認

IRID

6.本研究の実施内容
 6.1 ダスト集座・飛散抑制システムの開発
 【加エヘッドの実機適用性評価】

項目	基本設計結果	実機適用 性評価	判定基準
加工対象物の形状、 寸法制約	特になし	0	1)接近可能な面に適用できること。 2)加工面の裏面へのアクセス要求、 適用可能寸法等の制約条件がないこと。
加エツール外形寸法 [mm]	縦約270×幅約 200×高さ約530	0	PCV内での着脱のため、搬出入で きる寸法であること。 (参考基準: <口1m(暫定))
加エツール重量	約500N以下	0	合力がマニピュレータの可操作力
加工時反力	約1000N以下 (予備試験結果)	0	以下であること。 (参考基準:一般的なパワーマニ ピュレータのペイロード2000N以下)
電源仕様	三相交流200V、 10A	0	1Fサイトで適用できる電源であること。(100V、200V等)
使用水量	約1.2m ³ /h		

No.18

加エヘッドの外形寸法や重量、加工時の反力や電源、ユーティリティに関し、実機適用性の観点で適合していることを確認。

6.本研究の実施内容
 6.1 ダスト集座・飛散抑制システムの開発
 【ダスト集座・飛散抑制機能付きディスクソーの基本設計】

ダスト集塵・飛散抑制機能付き加エヘッドの基本設計 として、ディスクソー周辺にフードを設け、フード内部 を水エジェクタで吸気しダストを排水に移行、周囲に 漏えいしたダストを捕集するためミスト散布を行う設 計とした。

そのダスト集塵・飛散抑制機能付き加エヘッドについて、気流解析を実施した。

・解析により得られた知見

RD

- ▶ 集塵フードを取り付けることでエジェクタ吸引時の 吸引風速が向上することを確認。
- 物理的な障壁(切粉ガード、外側円筒構造)が気 流を制限し、ダスト飛散抑制に効果的であること を確認。



気流解析·粒子挙動解析結果



(注記) ※1:エジェクタに吸引されるダストの割合

No.19

基本設計結果



により捕集され、液相として下方へ落下する。

6. 本研究の実施内容 6. 2 ダスト集座・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

実施内容と達成度(黒字:2019年度実施内容、青字:2020年度実施内容)

(2)ダスト集塵	・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発(*1)	実施内容/達成度	
①遠隔保守方 法と必要設備 の概念設計	ダスト集塵、飛散抑制システムおよび加エヘッドの 通常時、故障時の遠隔保守の装置や交換部品、廃 棄物などの動線、概略配置、廃棄物量、除染要否 と除染方法等の工法概念がステップ図で示されるこ と。(終了時目標TRL:レベル3)	・廃棄物の抽出 ・交換ステップ図 の作成	 ・通常時、及び故障時(非常時)の遠隔保守を想定し、交換部品や 廃棄物を抽出し、また遠隔での加エヘッドの交換ステップ図を作成 した。(2019年度完了) ・2020年度上期は、前年度(2019年度)検討された交換プロセス及びステップ図について、(1)ダスト集塵・飛散抑制システムの開発で設計した加エヘッドにステップ図を反映した。 (2020年度完了)



IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

6.2 ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発 【通常時、及び故障時(非常時)の遠隔保守を想定した交換部品や廃棄物の抽出】

	加工士注		廃棄物				
		通常時	故障時	通常時(消耗品)	故障時(故障品)		
機械的切断	チゼル	・刃先鈍り、欠け、破損 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・回転軸の湾曲 ・モータ停止 ・ツールチェンジャーの脱落	・チゼル刃 ・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・エジェクタ/チゼル刃先 ・モーター部ケース		
	コアボーリング	・刃先鈍り、欠け、破損 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・回転軸の湾曲 ・モータ停止 ・ツールチェンジャーの脱落	・コアボーリング刃 ・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・コアボーリングツール		
	ディスクソー	・刃先鈍り、欠け、破損 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・回転軸の湾曲 ・モータ停止 ・ツールチェンジャーの脱落	・ディスク刃 ・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・ディスクソーツール (今後はディスクのみの交換も 検討していく)		
	油圧カッター	・刃先鈍り、欠け、破損 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・刃が元の位置に戻らない ・モータ停止 ・油圧ポンプの圧力低下 ・ツールチェンジャーの脱落	・カッター刃 ・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・油圧カッターツール		
	AWJ	・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・w」用、水圧ポンプの圧力低下	・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・AWJツール		
	レーザガウジング	・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・レーザ出力低下 ・レーザ用水圧ポンプの圧力低下	・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・レーザガウジングツール		
熱的切断	レーザ切断	・レンズ曇り ・光ファイバー消耗 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・レーザ出カ低下	・レンズ ・光ファイバーケーブル ・ミストノズル ・エジェクタ用ホース ・ミスト用ホース	・レーザツール		
	プラズマジェット	・電極、或いはノズルの劣化。 ・ミストノズルの目詰まり ・放射線によるエジェクタ用ホース、ミスト用のホースの劣化	・プラズマガスの圧力低下	・電極 ・ノズル ・ミストノズル ・エジェクタ、水用ホース ・ミスト用ホース	・プラズマジェットツール		

6. 本研究の実施内容 6. 2 ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発 【加エツール交換方法の検討】

上取り出し工法の場合、ユニット缶の昇降する開口部を活用して加工ツールを交換す るプロセス及びステップ図を検討した。





6. 本研究の実施内容 6. 2 ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

加エツール交換方法の検討

前ページ(2019年度実施)にて検討された交換プロセス及びステップ図について(1)ダスト集塵・飛散 抑制システムの開発で設計した加エヘッドにステップ図を反映。なお、本ステップ図は加エヘッドの 非常(破損)時/故障時の対応も含まれる。



IRID

・ユニット缶に加エヘッドが納まるようサイズ設計を実施。(ディスクソー、ミストノズル、水エジェクタは変更無し)

6. 本研究の実施内容 6. 2 ダスト集座・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

加エヘッド交換ステップ図

①加エヘッド交換開始状態





































⑥UCIこUC吊具を取付











⑧動作不良加エヘッドの回収完了

No.32





※ロボットアームへの新規加エヘッドの取付は この逆順で行う。

6. 本研究の実施内容6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験

実施内容と達成度(黒字:2019年度実施内容、青字:2020年度実施内容)

(3)ダスト集塵・飛青	牧抑制評価試験(*1)		実施内容/達成度
①ダスト集塵・飛散 抑制評価要領の策 定	国内外で行われてきた加工時のダスト評 価試験を調査し、実機に適用する加工工	国内外で行われてきた加工時のダ スト評価試験を調査	国内外で行われた加工時のダスト評価試験の調査を実施した。(2019年度完了)
	法の評価に応用できる評価試験要領が 確立していること。(終了時目標TRL:レベ ル4)	ダスト評価試験要領の確立	試験手順や構成などダスト評価試験要領を確立した。また、同試験要領による予備試験を行い、ダスト評価試験 要領と試験装置構成が有効であることを確認した。 (2019年度完了) ・試験マトリックス、試験体系を検討した。 (2020年度完了)
②ダスト集塵・飛散 抑制評価試験	「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加工工法	加工工法の中から代表工法を選定	1F実燃料デブリに近いダスト飛散評価試験を行うため、 管理区域で使用可能なディスクソーを代表工法として選 定。(2019年度完了)
	の中かられる工法を医定し、実施での使用を考慮した加工ヘッドを想定して、設計・試作した要素試験機を用いて、燃料デブリ、汚染構造物模擬試験体等に対する加工試験、評価を行い、加工速度に応じた気中や液体中への移行率等のデータと加工効率、ダスト集塵・飛散抑制システムの稼働による廃棄物量が計測されていること。また、必要に応じて1)②の基本仕様の一覧表が見直されていること。	・気中や液体中へのダスト飛散率 等の計測。 ・ダスト集塵・飛散抑制システムの 稼働による廃棄物量(気相/液体 中へのダスト飛散率)の計測	気中や液体中へのダスト移行率やダスト集塵・飛散抑制 システムの稼働による気相/液体中へのダスト飛散率を 計測した。(2020年度完了)

*1:8. 実施目的を達成するための具体的目標より



6. 本研究の実施内容 6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験 【国内外で行われた加工時のダスト評価試験の調査】

評価試験要領を策定するため、国内外で行われてきた加工時のダスト評価試験調査を実施。

項目	レーザガウジング試験 装置 (※1)	水中パラメータ試験装 置 (※2)	形状依存確認試験装置 (※2)	サクレー研究所レーザ 切断装置(※3)
規模	小規模	中規模	中規模	大規模
加工方法	レーザガウジング	水中プラズマアーク切断	気中プラズマアーク切断	水中レーザ切断
気中集塵環境	大気環境下のアクリル ケース内	クリーンハウス内クリー ンエア清浄化	クリーンハウス内クリー ンエア清浄化	純窒素注入清浄化
粉塵濃度測定	_	ELPI(Electrical Low Pressure Impactor)測定	ELPI(Electrical Low Pressure Impactor)測定	ELPI(Electrical Low Pressure Impactor)測定
粒径分布測定	分級捕集	分級捕集	分級捕集	_
気中微量子生成量測定	_	粒子サンプラによる分取 り換算測定	粒子サンプラによる分取 り換算測定	最終段フィルタ採取量測 定
気中ガス成分調査	対象成分:H ₂ 、O ₂ 、N ₂ 、 CO、CO ₂	-	-	-
沈殿物粒子測定	ふるいによる分別、重量 測定	-	-	_
水中浮遊物調査	重量測定、金属成分の 調査	—	—	_
水中イオン分析	0.2μmフィルタ通過分の 金属成分調査	調査の結果、飛散ダス 落下ダストはふるいに。	トの評価に分級捕集(カ よる分別・重量測定を用	スケードインパクタ/ELPI いられていることを確認

出典

燃料デブリ・炉内構造物取り出しの基盤技術開発事業 平成28年度最終報告書 平成29年3月、 技術調査(環境影響評価パラメータ調査研究)」(平成18年度経済産業省委託調査) 平成19年3月、 (燃料デブリの性状把握・分析技術の開発)」研究報告書(最終報告)平成31年3月」

6. 本研究の実施内容 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験

【ダスト評価試験の試験要領の確立】

ダスト評価試験調査結果を元に、試験構成や手順などダスト評価試験要領を確立した。



(試験手順)

①ダスト回収クリーンハウス内へ水注入(水位は試験条件による設定とする)。

②粒子サンプラを起動させる。

③加工装置にて試験体を加工(加工量および加工時間は試験条件による設定とする)。

④粒子サンプラの試料を回収。

⑤ダスト回収クリーンハウス内洗浄(残留水の排水、ハウス内面の洗浄、配管内部洗浄を行う)。


6. 本研究の実施内容 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【ディスクソーツールの予備試験】

前述の試験要領を用い、予備試験を実施。

(試験内容)

Φ180mm切断砥石カッターでSUS板を加工し、 ダストの飛散状況を計測。

- ・微粒子可視化試験(レーザ光源使用)
 1)超高感度カメラで映像取得
- 2)高速カメラで映像、速度ベクトル取得、等

・ダスト計測

1)ELPI、welasによる粒径分布計測 2)ダストサンプル採取、観察









6. 本研究の実施内容 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【ディスクソーツールの予備試験(続き)】



→本試験方法による飛散率評価は妥当であることを確認。

出典:[1]電力中央研究所, H12年度 実用発電用原子炉廃止措置環境影響評価技術研究(環境影響評価パラメータの調査), 2001.



6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験

ダスト集塵・飛散抑制評価試験の試験計画の検討

【本PJのこれまでの経緯と本年度(2020年度)の実施内容】 (2019年度)

- ・国内外で行われた加工時のダスト評価試験の調査
- ・ダスト集塵・飛散評価試験要領の策定し予備試験を実施。

(SUS板での切断/ダスト飛散試験)

⇒予備試験によって、

加エヘッド、ダスト評価試験要領及び試験装置構成が有効であることを確認。 (2019年度 計画変更)

- ・燃料デブリ加工時等のダスト対策に資するデータ拡充を目的として下記試験を追加
 ①UO2燃料ペレット加工時のダスト評価試験
 ②ジルカロイ加工時のダスト評価試験
- ・燃料デブリ取り出し工法の開発と連携して、ダスト集塵・抑制機能を付与した、 回転式カッターでのダスト評価試験に絞り込み。

(絞り込み理由)

UO2燃料ペレット加工時のダスト評価試験をデータが無いことから、

同燃料ペレットの試験を優先するため、ダスト集塵・飛散抑制評価試験設備内の管理区域(*)で 使用可能な回転式カッターとした。

(2020年度)

・試験片にUO2ペレットやジルカロイを用いたダスト評価試験を実施。



6. 本研究の実施内容6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験

【試験概要】 ディスクソーによるダスト粒径分布測定を実施





No.40

6. 本研究の実施内容
6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験
【試験片】

No.	名称	試験片	検討状況
1	炉内燃料 デブリ	UO2ペレット模擬体 ①未照射BWR燃料ペレット*1 ②セリアペレット*1	次頁 (i)参照
		切り株燃料模擬体 ③燃料被覆管+セリアペレット	次頁(ii)参照
2	燃料デブ リの付着し た構造物	セリアペレットとステンレス鋼が溶融固 化した試験体	次頁(iii)参照。*2
3	模擬 MCCI	模擬MCCI	・IRID/日立GEの2018 年度成果に基づき、1 体製作完了。

(注記)*1:RI管理区域内で回転式機械切断方法でダスト評価試験を実施。

*2:溶融物付着前の構造物表面の酸化被膜、クラッドの付着については、切断時の欠損量に占める割合が少ないと想定し、ダスト試験 ■ に対する影響は軽微と考慮し、模擬しない。

6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験

【模擬材の検討】

(i) U02ペレットと比較のための模擬材料について

▶ 未照射BWR燃料としてUO₂をペレットに焼成し、評価試験に使用。

(選定理由)化学式や比重、製造法が実燃料と同一のため(ただし天然ウランを使用)

▶ RI管理区域の作業の制約から、U0₂模擬材としてセリアをペレットに焼成し、評価試験に使用。 (選定理由)セリアは比重が大きく(7.3g/cm³)、硬さがU0₂とほぼ同等であり、U0₂と同様に焼成が可能。 なお、U0₂模擬材として他PJでも実績あり。

(ii) 切り株燃料模擬体について

ジルカロイ被覆管にセリアペレットを装填した燃料棒の模擬体を評価試験に使用。 (選定理由)被覆管には実燃料と同じジルカロイを選定。被覆管内の残留燃料には上記セリアペレットを使用。

(iii)燃料デブリの付着した構造物の模擬体について

▶ 金属とセラミックスが溶融固化した試験体を作製し、評価試験に使用。

(選定理由)構造物は燃料デブリ付着により溶融し、燃料デブリとともに固化した状態にあると推定されるため、金属とセラミックスが固化した模擬材を試験に用いる。燃料デブリ性状把握PJで検討された加工用試験体を作製することとし、セラミックスにはセリア、金属にはステンレス鋼(SUS304)を選定する。



金属セラミックス溶融固化試験体の作製方法^[1] [1]「燃料デブリの性状把握」平成26年度中間報告書





(1) 加熱前(材料をるつぼに装填した状態)

(2) 加熱後(るつぼから取り外し後)

金属セラミックス溶融固化試験体の作製外観例^[2]

[2]「燃料デブリ取り出し技術の開発」平成27年度報告書

6. 本事業の実施内容

- 6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験(飛散抑制のための塗布剤)
- ▶ 塗布剤を塗布した燃料デブリ模擬材(1種類)を評価試験に使用。
- ▶ 塗布剤は、臨界管理PJで開発されている水ガラスタイプ中性子吸収材*)を用いる。
- (選定理由) 飛散抑制とともに臨界防止の効果も期待できる。また、基礎特性のほか、輸送性や施工性、副次的な 影響について顕著な課題がないことが確認されているため。
 - *) 水ガラスに中性子吸収物質Gd₂O₃を混ぜたもの。液状で、時間が経過すると固化する。平面以外にも凹凸表面や斜面に対して 適用できる。燃料デブリの取り出し前に表面に塗布して臨界防止に用いる。燃料デブリ表面に塗布膜を形成させることにより臨 界抑制効果とともに、燃料デブリ加工時の発生粉の飛散抑制効果も期待されるため、試験に供する。

代表成分 一号ケイ酸ソーダ (Na2・nSiO2・xH2O)、 セメント(SiO2、CaO、Al2O3、Fe2O3、 Na023Si/Mg3c3O40(OH)2 メタカオリン 2.13SiO2+1Al2O3 水酸化ナトリウム NaOH Na型	Na型ベントナイト バライト ニリン酸ナトリウム
CaSO ₄)、第ーリン酸ナトリウム パ33 ⁻⁴ 4 ⁻¹⁰ / ₂ ,6 ⁺¹⁰ (-10,1 ⁻¹ / ₂) (NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O)、イオン交換水 ポリアクリル酸ナトリウム (C ₃ H ₃ NaO ₂) _n (H ₂ O)、酸化ガドリニウム (Gd ₂ O ₃) 蒸留水 H ₂ O (※1) (**5, 6)	水道水 (※ 8)
硬化性 約90分で粘性が増大 ^{※2} ゲル状まま 大気中では徐々に粘性増大	_
粘度 [mPa・S] 約1,000 ^{※3} 約60~約7,000 ^{※5} 2,000~5,000 新	約30~10,000,000 ※8
熱安定性 400℃まで安定 ^{※3} 約523℃まで安定 ^{※5} 一	_
照射 気中照射 36MGyで割れなし、変色なし ^{※3} 3MGyで気泡発生 ^{※5} 1.15、0.35 MGyで水素、酸素、窒素発生。	—
特性 (γ線) 水中照射 見かけの水素発生G値は - 設計G値未満 *3 (水素発生の懸念あり)*5	_
輸送性 配管で50m以上輸送可能 ^{※2} ー ー	—
施工性 すき間浸透、傾斜面被覆、被覆厚さとも	_
副次 防錆対策 水質調整要 ^{*1} 一 一	—
影響 後続工程 収納缶環境は設計内、廃棄物について 評価済み ^{※3,4}	_

※1 平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」令和元年度中間報告書 ※2 平成26年度補正予算廃炉・汚染水対策事業補助金「燃料デブリ臨界管理技術の開発」平成28年度報告書

※2 平成20年度補止や昇廃炉・汚染水対策事業補助金「燃料デブリ臨界管理技術の開発」平成28年度報告: ※3 平成27年度補正予算廃炉・汚染水対策事業補助金「燃料デブリ臨界管理技術の開発」2017年度報告書

※3 平放27年度補止予昇廃炉・汚染水対束事業補助型「窓村ナノリ路券管理技術の開発」2017年度報告書 ※4 の店906年度は工業管疫店に汚決水対策事業要提訪私会「鮮型ゴビル店由機実施の取用リースは、システノの真在化(防用施理大法の除力)

※4 平成29年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化(臨界管理方法の確立に関する技術開発)」平成30年度報告書



※8 第52回 地盤工学研究発表会 2017年7月 D-03 (せん断速度とせん断応力の関係より算出)

6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験 【試験マトリックス設定の考え方】

- ダスト集塵・飛散抑制評価試験として、飛散抑制システム(ミスト、水エジェクタ)の
 基本的なダスト飛散抑制効果を確認するため、UO2ペレットの模擬材であるセリアペレットについて、
 ミスト、水エジェクタ単独と、それらの組み合わせによるダスト飛散試験を実施した。
- 他試験片(切り株燃料模擬体、燃料デブリ付着構造物、模擬MCCI)については、
 ダスト飛散抑制の効果を確認するため、飛散抑制システム(ミスト、水エジェクタ)稼働の有無による
 ダスト飛散試験を実施した。
- MCCIはPCV炉底部で水没している可能性があることから、模擬MCCIのダスト飛散試験では、
 気中での試験に加え、模擬MCCIを水没させた状態での試験を実施した。
- 上昇流によるダストの飛散影響を確認するため、上昇流を変えた場合のダスト飛散試験や、
 飛散防止材の効果を確認するため、飛散防止材を散布したセリアペレットの切削試験、
 及びカッター回転数による影響を確認するため回転数を変えた場合の切削試験を実施した。

(補足)

- ・本試験ではダイヤモンドカッターを使用。ダイヤモンドカッターは熱に弱いことから、必要に応じ、
 加工助剤として水を切断中に塗布した。
- ・UO₂ペレットでの試験については、管理区域内での安全上の理由から(火災防止の観点)、加工助剤である水を 切断中に塗布した。



6. 本研究の実施内容 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【試験マトリックス】

		水を用いた飛散抑制方法						
田町日日石	気中	〔中 〕断 ミスト 単独	エジェクタ 単独	加工助剤 (水)単独	ミスト+ エジェクタ	加工助剤(水)		
切削刈家	切断					ミスト	エジェクタ	ミスト+ エジェクタ
U0₂ペレット	_	_	_	0	_	_	_	_
セリア ペレット	0	0	0	$\bigcirc \overset{\$1}{\underset{\$2}{\times 3}}$	0	0	0	_
燃料被覆管 +セリア	0	-	_	-	_	_	-	0
デブリ付着 構造物	0	_	_	_	0	_	_	_
模擬MCCI	0 ^{**4}	_	_	_	0	_	_	_
※1 上昇流0.03 m/s, 0.10 m/s ※2 飛散防止材あり・なし 〇:実施								

※3 回転数500rpm,1000rpm ※4 気中・水中試験

- :実施なし



No.45

 6. 本研究の実施内容
 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【試験構成】
 切削部の詳細構造を示す。

ダイヤモンドカッター周辺に、ダスト集塵・抑制方法として水エジェクタとミストノズルを搭載した。 なお、一部の試験ではカッター保護のため切削部に少量の水を掛けながら試験した。







加工助剤(水)ノズル







No.47

6. 本研究の実施内容

6.3 ダスト集塵·飛散抑制評価試験 【^{試験体】}

UO2/セリアペレット1個

UO2あるいはセリアペレット1個を装着 飛散防止剤(中性子吸収剤)を塗布したもの を製作した。





セリアペレット (中性子吸収剤を塗布) 6. 本研究の実施内容 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【^{試験体】}

セリアペレット10個

ダスト飛散量を増やすため、セリアペレット10個を5列2段に装着した。





 6. 本研究の実施内容
 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【^{試験体】}

燃料被覆管+セリアペレット

ジルカロイ燃料被覆管内にセリアペレットを挿入した

ものを11個装着した。

(燃料被覆管とセリアペレットの隙間は0.1mm程度)



燃料被覆管+セリアペレット (11個)





 6.本研究の実施内容
 6.3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【^{試験体】}

燃料デブリの付着した構造物

セリアペレットを溶融したSUS304と共に固化し、試験片を切り出して6個(3列×2段)を







6. 本研究の実施内容
 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験
 【試験体】

模擬MCCI

セリア粉末、ZrO2粉末、SUS粉末、セメント等 を材料としたMCCI模擬体から試験体を切り出

20

クランプ方向



50



MCCI模擬体







6. 本研究の実施内容
 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験
 【加工条件及び試験条件】

<加工条件>*

回転カッター(メタル合金付きカッター) 回転数:1000rpm 加工速度:10mm/min

*燃料デブリ取り出しPJでの選定結果に基づく



メタル台金付きカッター



<試験条件>

No.53

SEM観察イメージ

カッター

視認性確認

0.03 š.8μm



RID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning



・気中切断では回収飛散ダスト率4~7%

- ・水散布(ミスト、加工助剤(水)、エジェクタ)によってダスト飛散抑制効果を確認(飛散抑制率86~99%)
- ・試験片による回収飛散ダスト率・飛散抑制効果の顕著な違いは確認されなかった

IRID

Sinternational Research Institute for Nuclear Decommissioning





IRID

・飛散抑制システムによってダストの飛散抑制効果があることを確認。



HEPAフィルタで捕集しにくいとされる粒径0.1~0.3 µmのダストの飛散抑制効果を確認 IRID



6.3 ダスト集 連・ 飛散抑制評価試験 【試験結果】 風速、 カッター回転数による飛散抑制効果への影響確認

〇風速による飛散抑制効果への影響



- ・風速依存を確認、風速が速いと回収飛散ダスト率は 増加傾向
- 水を用いた試験での飛散抑制効果への影響は
 確認できなかった

水を用いた試験での飛散抑制効果への影響は
 確認できなかった

〇カッター回転数による

飛散抑制効果への影響

6.3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【試験結果】

水による飛散抑制の排水中ダストへの影響



排水中のダスト粒径分布は、気中切断時より飛散抑制システム使用時の方が小さい傾向。



🗕 気中切断

6.3 ダスト集塵·飛散抑制評価試験 【試験結果】 視認性確認試験

【あるべき姿】

燃料デブリ加工時における目視確認方法

(平面方向の目視確認方法)
 カッターと並行にターゲット棒設置し、ターゲット棒が
 既にカッターにて切断した切断跡よりも外側に
 あることを確認し切断する。
 ※ターゲット棒が切断跡より外側にあれば16cm以下に
 燃料デブリを切り出していることになる。

(深さ方向の目視確認方法) カッターに同心円にマーキングを行い、 切断中にマーキングを目視できること で、所定の深さまでしか切れ込んで いないことを確認する。

視認性確認方法を示す。







6.3 ダスト集塵·飛散抑制評価試験 【試験結果】 視認性確認試験

試験片切断時と並行して下記3点の視認性確認を行う。

①カッター切断幅の視認

カッターで切断した切断跡を模擬した黒線を目視できることを確認する。

②ターゲット棒先端の視認

ターゲット棒を目視できることを確認する。

③切り込み深さの確認用 同心円マークの視認

カッターに同心円方向にマーキングを行い、マーキングを目視できること、 マーキング 所定の深さまでしか切れ込んでいないことを確認する。 /



カッター 計験片

> ③切込み深さ確認 同心円マークの視認試験(イメージ図) ※本図はカッター刃と試験片を切断方向から見て 真横から見ている絵です。



6. 本研究の実施内容 6.3 ダスト集塵・飛散抑制評価試験 【試験結果】視認性確認試験

> 視認性確認試験のカメラ映像を示す。カッター切断幅確認のための黒線、ター ゲット棒先端および切込み深さ確認のための同心円を確認することができた。

<u>4.9.1 カッター切断幅確認(黒線、ターゲット棒)</u>



切削中



3cm

 6. 本研究の実施内容
 6. 3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【試験結果】 視認性確認試験

4.9.2 切込み深さ確認(同心円)











 6.本研究の実施内容
 6.3 ダスト集座・飛散抑制評価試験 【試験結果 まとめ】

- ・各試験体の回収飛散ダスト率は、飛散抑制を行わない場合、4~7%であった。
- ・飛散粒子の粒径分布は、質量濃度では2-3µm辺りにピークがあり、個数濃度では0.3µm以
 下が多く、各試験体で同様の傾向であった。
- ・ミストを使用した場合、回収飛散ダスト率が1/10程度に低減した。
- 水エジェクタあるいは加工助剤(水)を使用した場合、回収飛散ダスト率が1/1000程度に低減した。
- 水エジェクタ単体、加工助剤(水)単体、水エジェクタ+加工助剤(水)+ミストの3ケースでは、
 回収飛散ダスト率抑制効果に顕著な差はなかった。
- ・飛散抑制を行った場合、HEPAフィルタで捕集しにくいとされる粒径0.1~0.3 µ mのダストの飛 散抑制効果が確認できた。
- 中性子吸収剤を用いた試験では、飛散抑制への影響は確認できなかった。



7. まとめ

- ダスト集塵・飛散抑制システムの実機適用性評価や基本設計、遠隔保守の概念設計及びダスト 評価試験装置の設計・製作とダスト評価試験による集塵システム性能の確認は終了し、本PJの 目標は達成した。
- (1)ダスト集塵・飛散抑制システムの開発
 - 加工点近傍での気中ダストを低減するダスト集塵・飛散抑制システムを概念検討し、同システムや加工 ヘッドの実機適用性評価や基本設計を行い、ミストや水エジェクタを実装した、加エヘッドを設計、製作し た。
- (2)ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発
 - ダスト集塵・飛散抑制システム遠隔保守方法の概念設計として、PCVあるいは一次バウンダリセル内で 加工工具などの消耗品を遠隔操作で交換する方法を検討し、加工ツール交換プロセスを明確にし、ステッ プ図を作成した。
- (3)ダスト集塵・飛散抑制評価試験 選定された加工工法(ディスクソー)に対するダスト評価の試験要領や試験マトリックス及び試験体系を検 討し、ダスト飛散試験を実施した。

今後、本PJで得られたデータについては、以下の技術開発分野にて活用されることが期待される。

- 燃料デブリ取り出し技術分野での加エツール設計
- 環境制御分野での設備設計と運用・保守計画
- 水処理技術分野での設備設計と運用・保守計画



8. 実施目的を達成するための具体的目標

試験条件や開発仕様の明確化

要素試験や装置設計に着手する前までに、廃炉作業時に求められる要求レベルを事前に十分に検討し、これに対する既存技術での対応可能レベルを可能な限り定量的に評価する(現状の技術成熟度(TRL)を提示)。当該試験や装置の開発によって要求レベルに対しどの程度の精度までを確保することを目標とするか、関係者間で事前に共有したうえで、試験条件や設計仕様を策定することとする。

レベル	本事業に対応した定義	フィールド
7	実用化が完了している段階。	実運用
6	現場での実証を行う段階。	フィールド実証
5	実機ベースのプロト機を製作し, 工場等で模擬環境 下での実証を行う段階。	模擬実証
4	開発, エンジニアリングのプロセスとして, 試作レベ ルの機能試験を実施する段階。	実用研究
3	従来の経験を応用,組合せによる開発,エンジニア リングを進めている段階。または,従来経験のほと んど無い領域で基礎データに基づき開発,エンジニ アリングを進めている段階	応用研究
2	従来経験として適用できるものがほとんど無い領域 の開発,エンジニアリングを実施し,要求仕様を設 定する作業をしている段階。	応用研究
1	開発, エンジニアリングの対象について, 基本的内 容を明確化している段階。	基礎研究

8. 実施目的を達成するための具体的目標

1)ダスト集塵・飛散抑制システムの開発	
①ダスト集塵・飛散抑制システムと加エ ヘッドの概念設計と実機適用性評価	従来のダスト集塵技術の調査を行った上で、「燃料デブリ・炉内構造物の 取り出しに向けた技術の開発」で選定された加工工法に対するダスト集 塵技術の得失評価を行う。ダスト集塵技術の横アクセス工法・上アクセス 工法に対する実機適用性の評価結果が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
②ダスト集塵・飛散抑制システムと加エ ヘッドの基本仕様策定、系統設計	「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加 エエ法に対するダスト集塵・飛散抑制システムと加エヘッドの基本仕様 の一覧表、系統図、概念設計図が示されること。 (終了時目標TRL:レベル3)

2)ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発		
①遠隔保守方法と必要設備の概念設計	ダスト集塵、飛散抑制システムおよび加エヘッドの通常時、故障時の遠隔 保守の装置や交換部品、廃棄物などの動線、概略配置、廃棄物量、除染 要否と除染方法等の工法概念がステップ図で示されること。 (終了時目標TRL:レベル3)	
3)ダスト集塵・飛散抑制評価試験		
①ダスト集塵・飛散抑制評価要領の策定	国内外で行われてきた加工時のダスト評価試験を調査し、実機に適用する 加工工法の評価に応用できる評価試験要領が確立していること。 (終了時目標TRL:レベル4)	
②ダスト集塵・飛散抑制評価試験	「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加 エエ法の中から代表工法を選定し、実機での使用を考慮した加エヘッドを 想定して、設計・試作した要素試験機を用いて、燃料デブリ、汚染構造物模 擬試験体等に対する加工試験、評価を行い、加工速度に応じた気中や液 体中への移行率等のデータと加工効率、ダスト集塵・飛散抑制システムの 稼働による廃棄物量が計測されていること。また、必要に応じて1)②の基 本仕様の一覧表が見直されていること。	



添付資料



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

ダスト集塵・飛散抑制システム(ミスト、水エジェクタ)全体構成




No.72

(参考)ツールチェンジャについて

ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発で ロボットアームと加エヘッドを接続する機構として 記載した、ツールチェンジャについて下記に概要を 示す。

(注記)本内容はツールチェンジャの一般的な情報を示したものであり、 実際の燃料デブリ取り出しでの使用を示したものではない。

(構造)

固定方式:ボールロック方式 (空圧によりツールチェンジャ①内のボールが 動作し、ツールチェンジャ②と固定する)

(特徴)

- ・遠隔によるツールの着脱が可能。
- ・ユーティリティ(液体、空気、電路)の接続が可能。
- 一般的に使われている技術であり、信頼性が高い。

(主な用途)

・ロボットアームによる加工作業や組立作業

(出典) ビー・エル・オートテック㈱殿 カタログ (商品名: クイックチェンジ)





No.73 UO,模擬材料の選定について(材質の比較)

材料	比重 (g/cm³)	融点 (℃)	ビッカー ス硬さ (GPa)	熱伝導率 (W/m・K)	他事業の使用実績	特記事項
UO ₂	10.96 [1]	2878 [1]	6 [2]	10 [2]	燃料デブリ性状把握PJにおい て、海外大型模擬燃料デブリ試 験、国内小型模擬燃料デブリ試 験の原材料として使用実績あり	破損燃料のUO2ペレットお よび燃料デブリとして、本事 業でUO2焼成体を使用。
セリア (CeO ₂)	7.22 ^[6]	2600 [1]	4 ~ 5 ^[5]	17 ^[4]	燃料デブリ取り出しPJにおいて、 大型MCCI試験体製作のUO₂模 擬材として使用実績あり	比重が比較的大きく、硬さ がUO ₂ とほぼ同等のセリア を、UO ₂ 模擬材として本事業 で使用。
Al ₂ O ₃ (アルミナ)	3.6 ~ 3.9 ^[3]	2050 [1]	12 ~ 17 ^[3]	12 ~ 32 ^[3]	燃料デブリ取り出しPJにおいて、 燃料デブリの模擬材として加工 実験に使用実績あり。	比重が小さいため、本事業 におけるダスト集塵・飛散抑 制評価試験には使用しない。
ZrO ₂ (ジルコニア)	3.6 ~ 3.9 ^[3]	2720 [1]	11 ~ 13 ^[3]	3 [3]	燃料デブリ取り出しPJにおいて、 燃料デブリの模擬材として加工 実験に使用実績あり。	比重が小さいため、本事業 におけるダスト集塵・飛散抑 制評価試験には使用しない。
(U,Zr)O ₂ 燃料デブリ	6 ~ 11 ^[2]	2500 ~2700 [2]	6 ~ 14 ^[2]	1 ~ 10 ^[2]	燃料デブリ性状把握PJにおい て、TMI-2から採取された燃料 デブリを物性評価した実績あり。	物性値は、燃料デブリ特性 リスト ^[2] より引用

<出典>「1] 岩波 理化学辞典 第4版 岩波書店 1987年

[2] IRID 平成26年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「燃料デブリの性状把握」研究報告書(中間報告)平成28年3月 (https://www.kyocera.co.jp/prdct/fc/index.html)

[3] 京セラ ファインセラミックス材料特性表 2020年4月

[4] 岩佐他、日本原子力学会2018年秋の大会、1D05

[6] S. J. Duclos, et.al., Phys. Rev. B 38, 7755 (1988).

[5] IRID組合員提供データ

マスバランス評価(1/2)



マスバランス評価(2/2)

