

廃炉作業用多核種高除染性空気浄化システムの開発 (3) 湿式フィルターの除染性能の高性能化

Development of a high efficiency multi-nuclide aerosol filters for radiation protection during a process of cutting core debris (3) Improvement for Wet-Type Filter

北海道大学	奈良林 直	Tadashi NARABAYASHI	Member
日本原子力発電	藤井 拓也	Takuya Fujii	
北海道大学	渡邊 優太	Yuta WATANABE	
北海道大学	千葉 豪	Go CHIBA	
東北大学	佐藤 修彰	Nobuaki SATO	
北海道大学	増田 隆夫	Takao MASUDA	

By using the FCVS technology, we had started to develop a high decontamination air cleaning system to remove multi-nuclides for radiation protection to conduct decommissioning the Fukushima NPP. High efficiency multi-nuclide aerosol filters for radiation protection during a process of cutting core debris has been developing at Hokkaido University. A plasma cutter, laser cutter, wire cutter, drilling machine, etc., will be used and will generate aerosols. Therefore, the air cleaning system should be needed for removing core debris. In order to develop an air clean up system, a metal fiber filter test was conducted. Measured DF were analyzed using FE-SEM and particle diameter analyzer was used to breakdown DF for each diameter range, It is possible to develop the high efficiency filters by mulch layer filters. Final filter system will be consisted, such as a wet-type aerosol filter, multi-stage metal fiber filters and a silver zeolite to remove organic iodine.

Keywords: Decommissioning, Radiation protection, Multi-nuclide aerosol filters, Filtered venting system, Wet-type Filter, DF: Decontamination Factor, Silver Zeolite

1. 結論

福島第一原子力発電所の廃炉においては、原子炉建屋や格納容器内の汚染は深刻で、廃炉作業を実施するためには、作業員の被曝低減と敷地外の放射性物質の漏洩防止を徹底しなくてはならない。原子炉建屋は排風機で負圧に維持し、排気中に含まれる放射性物質を除去する高除染性空気浄化システムの設置が必須で、しかも長期運転する必要がある。福島第一原子力発電所の取り出し工法は現在、検討中で、機械式切断や破碎する工法と、プラズマやレーザ加工による高温融解して切断する手法がある。更に格納容器内壁面には多量の放射性物質が付着していると考えられ、これを除染するために用いるドライアイス・ブラスト除染などでは、多核種の粉塵やエアロゾルの発生が不可避である。米国 Zion 発電所の廃炉作業では、プラズマカッターなどの熱が入る作業は格納容器内の線量が上がり断念し、ワイヤカッターに切り替えた。しかし、本研究では、福島第一原子力発電所の廃炉作業に対し、遠隔加工が容易なレーザ切断工法など、いずれの工法に対しても対処できる空気浄化システムの開発を目的とし、炉内や格納容器内の状況把握から燃料デブリ取出しに至るまでの全工程で作業員の被曝低減と周辺地域への放射性物質の飛散防止を目指す。

2. 多核種高除染性空気浄化システムの概要

2-1 高除染線性フィルターによる被曝低減技術

北海道大学にて開発した「ゼオライトを用いたヨウ素・セシウム高除染性フィルターベントシステム」の湿式フィルターと、メタルファイバーフィルター、高除染線性銀ゼオライト AgXなどを組み合わせた格納容器内の空気浄化システムについて検討した。特に、最も除染係数 (DF: Decontamination Factor) を上げることが困難とされる、ヒューム (プラズマカッターやレーザ切断装置などで発生するナノサイズエアロゾル) に対する対策として、スクラビングノズルを改良した図1の湿式フィルターや蒸気注入により表面凝縮式させるフィルターなどの吸着特性等についての基礎実験



Fig.1 Wet-type filter

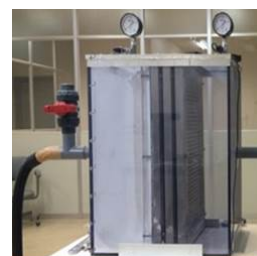


Fig.2 Dry-type filter and element

を実施し、図2の乾式フィルターについては、メタルファイバーの線径と充填率がキーパラメータであることが明らかとなった。

2.2 実験装置の仕様検討と実験装置の整備

2.1にて実施したコンセプト検討に基づき実験装置の仕様の検討と実験装置の整備を実施した。実験装置は、湿式フィルターについてはスクラビングノズルの形状パラメータを、またメタルファイバーフィルターについてはファイバー径やファイバーの充填率を変えることが可能な装置とし、フィルター機能の多様な組み合わせによる総合試験と基本的な機能が備わっていることを予備実験および据え付けられた実験装置の調整運転により確認した。このような構成の多核種高除染性空気浄化システムは世界初である。

3. 湿式フィルター高性能化実験

実験には、高さ2.0m、内径218mmの垂直円筒型の可視化試験装置を用いて湿式フィルター性能試験を行った。装置写真を図3に示す。水フィルター部の初期水位を35cmに設定し、放射性物質を模擬した硫酸バリウム100gを含んだ空気をノズルからプ

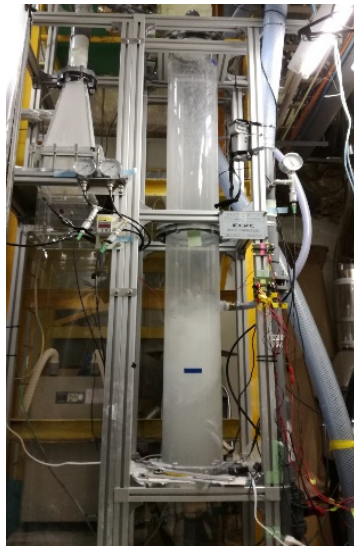


Fig.3 Experimental equipment for wet-type filter

ール内に1200秒間送風した。4種類のスクラビングノズル供試体(図4)を使用し、それぞれ除染係数DF([投入した粒子量]/[出口の粒子量])の変化を調査し、湿式フィルターの性能評価をした。また、その際の風速、圧力、温度、湿度も測定した。

Table.1 Measured values of DF and water level

	1回目	2回目	3回目	平均DF	最高水滴到達点[cm]
A 一段ノズル(アーチ無し)	455	436	554	482	約120
B 一段ノズル+アーチ	614	561	819	665	約80
C 一段ジェットノズル+アーチ	699	690	822	737	
D 二段ジェットノズル+アーチ	2763	2213	3348	2775	

A:一段ノズル(アーチ無し) B:一段ノズル+アーチ



C:一段ジェットノズル+アーチ D:二段ジェットノズル+アーチ



Fig.4 Test scrubbing nozzles

表1に各ノズルのDF値とスクラビング容器内の水滴の最高到達点を示す。Aの一段ノズルは気泡が直接上昇するため、水面の振動が大きく、水滴が高く飛散する事もありDFが小さくなった。ノズルにアーチ状のディフレクタを付け、更にジェットノズルを採用する事により、気泡を細かく水滴の飛散を抑制し、遠心力により模擬物質をより効果的に水へ移行させる形状となり、DFが大きくなる事が確認された。ノズルを二段にした二段ジェットノズルは高いDFを得ることができ、非常に有効な形状である事を確認した。水面の観察からも水面の安定化が確認できた。

4. 結論

湿式フィルターのスクラビングノズル改良実験より、スクラビングノズルの形状は、除染性能への寄与が大きいことが確認した。なかでも、二段ジェットノズルは放射性物質を遠心力によって水に溶解させる効果が大きく、水面も安定し最も高いDFを得た。

参考文献

- [1] 奈良林直、佐藤修彰、「銀ゼオライトを用いた高除染性フィルターバントシステムの開発と可視化実験」、エネルギーレビュー (2014,11) .
- [2] 奈良林ら、多核種高除染性空気浄化システム開発による作業被曝低減化研究(1)全体計画、保全学会学術講演会、I-2-2-4、(2016)。