T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Improvement of Decontamination Factor of Filtered Containment Venting System
著者(和文)	TRANTri Vien
Author(English)	Tri Vien Tran
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11991号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木倉 宏成,加藤 之貴,赤塚 洋,相樂 洋,筒井 広明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11991号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	Tran Tri Vien	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	木倉　宏成	准教授	筒井　広明	准教授
	審査員	加藤　之貴	教授		
		赤塚　洋	准教授		
		相樂　洋	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Study on Improvement of Decontamination Factor of Filtered Containment Venting System」と題し、５章より構成されている。

第１章「Introduction」では、2011 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故において原子炉格納容器の破損に伴う放射性物質環境放出に関する経緯と原因について概観した上で、過酷事故の際に格納容器内の圧力を低減させ、フィルタを通じて放射性物質を放出させることで格納容器破損の防止と放射性物質の放出量を低減させることが可能なフィルタベントシステム(Filtered Containment Venting System: FCVS)の重要性と国内外原子力施設における湿式・乾式 FCVS の設置状況・研究開発状況および湿式フィルタ、ミストセパレータ、乾式フィルタからなる先行研究の高性能湿式 FCVS 装置の課題を抽出している。特に、プールタンクとノズルで構成される湿式フィルタに採用された２段式ベンチュリスクラバノズルの作動メカニズムの解明が放射性物質の放出量低減に期待できるとしている。しかしながら、湿式フィルタにおいて放射性物質低減性能を表す指標である除染係数(Decontamination Factor: DF)に影響を及ぼす主要因子であるノズル内へ吸引される側水流量やバッフルプレート周り流動、バッフルプレートが DF に与える影響およびノズル内のエアロゾル粒子・生成水滴・液膜の相互作用についてそのメカニズム解明に必要な計測法・解析モデルが確立されておらず、湿式フィルタの２段式ベンチュリスクラバノズルにおける流動特性を実験的、数値解析的に解明して、湿式 FCVS の DF 向上に資する主要因子・除染メカニズムを明らかにするという本研究の位置づけ、意義及び目的を述べている。

第２章「Effects of Double Stage Venturi Scrubber Nozzle on Liquid Injected Flow」では、空気・エアロゾル粒子からなる主気流に側水流を取り込んで固気液三相流を形成するバッフルプレート付ベンチュリスクラバノズルの流動性能評価を行っている。側水取込口として１段式と２段式を取り扱い、ノズル内の側水取込狭隘流路内の流入流量を高精度に計測するため、特殊センサを用いた２次元ベクトル超音波流速分布計測法(2 Dimensional Vector Ultrasonic Velocity Profile 法: 2D Vector UVP 法)と粒子画像流速測定法(Particle Image Velocimetry 法 : PIV 法)からなる流れ場を全く乱さない非侵襲型３次元速度分布再構成システムを構築し、ノズル内への側水流入流量を評価している。また、原子炉過渡解析コード MINI-TRAC(Mini-Transient Reactor Analysis Code)により側水流入流量を解析し計測値と比較することで本計測システムの妥当性を検証している。さらに、２段式ノズルにおける側水流入流量は１段式ノズルに比べて最大約 27%増加することを示し、側水流入流量増加に起因してノズル内の水滴生成促進および水滴へのエアロゾル取込み促進が推察されることから、２段式ベンチュリスクラバノズルは１段式ベンチュリスクラバノズルに比べて高い DF が期待されることを示している。

第３章「Effects of Baffle Plate of Advanced Venturi Scrubber on Decontamination Factor of Filtered Containment Venting System」では、バッフルプレート付ベンチュリスクラバノズルにおける湿式フィルタ内流動様式と DF に与えるバッフルプレートの影響を明らかにするため、プールタンクへ放出されるノズルからの気相に着目して気相流動を高速度カメラにより撮影し、バッフルプレートの存在によりノズル内気相はプール水平方向に放出されプール水中のエアロゾル粒子および気相の滞留時間増加に寄与することを示している。また、プール水への吹込前後のプール水面高さを撮影し、バッフルプレートの存在により吹込時の水面高さの上昇は平均約 6%抑制され、プールタンク上部出口とプール水面間距離を長離隔化でき、水しぶきに伴ってエアロゾル粒子が湿式フィルタ外に流出するエントレインメントの抑制が期待できることを示している。そして、模擬放射性物質粒子を用いて DF を実験的に調べた結果、バッフルプレートを取り付けていないノズルと比較してバッフルプレートを取り付けたノズルでは DF が最大約２倍増加することを明らかにしている。

第４章「Interactions in Mixing Flow」では、ノズル内のエアロゾル粒子・生成水滴・液膜の相互作用を調べることを目的として、バッフルプレートの有無の条件において、ノズル内の生成水滴の挙動を高速度カメラにより撮影し水滴像を画像処理により抽出した上で PIV 法により水滴の速度計測を行っている。バッフルプレートがある場合にはバッフルプレートが無い場合と比較してノズル内の水滴速度は最大約 39%低下することを示し、水滴に対するエアロゾル粒子の相対速度差の増加に基づく衝突頻度増加により DF が向上することを示している。また、ノズル内壁面には液膜が存在することを明らかにし、ノズル出口部での遠心力によるエアロゾル粒子の移動やエアロゾル粒子の直接の衝突により液膜にエアロゾル粒子が取り込まれるといったノズル内でのエアロゾル粒子・生成水滴・液膜の相互作用および除染メカニズムを明らかにしている。

第５章「Conclusions」では、各章において得られた成果を総括し、結論としてまとめている。

これを要するに本論文は、高性能湿式 FCVS 装置における湿式フィルタの２段式ベンチュリスクラバノズルの流動特性を新たに構築した非侵襲型３次元速度分布再構成システムを用いて明らかにし、ノズル内への側水流入流量やバッフルプレート有無による湿式フィルタ内流動様式およびノズル内のエアロゾル粒子・生成水滴・液膜の相互作用を調べて湿式 FCVS の DF 向上の主要因子と除染メカニズムを明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。