



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	フィルタベントシステムの開発と原子力緊急時マネジメントの改善に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	川村, 慎一
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12457号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63320
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shinichi_Kawamura_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 川村 慎一

審査担当者 主 査 特任教授 奈良林 直
副 査 特任教授 森 治嗣
副 査 教 授 小崎 完
副 査 准教授 千葉 豪

学位論文題名

フィルタベントシステムの開発と原子力緊急時マネジメントの改善に関する研究
(Development of filtered containment venting system and improvement of nuclear emergency management)

2011 年の東日本大震災において、福島第一では冷却機能を失って炉心が溶融し、さらに格納容器が閉じ込め機能を失って大量の放射性物質が放出された。この事故を教訓として、様々な安全設備による炉心損傷防止対策が進められているが、深層防護の観点からは、炉心が損傷する重大事故にも備えた放射性物質の放出抑制策の強化が重要である。

第 1 章では、重大事故における放射性物質の放出を抑制する観点から、格納容器漏えいの分析を踏まえた閉じ込め機能の強化策、ヨウ素やセシウムなどの放射性物質を除去しつつ、格納容器内のガスを排気して、格納容器の破損を防止するフィルタベントシステム (Filtered Containment Venting System:FCVS) の開発目的と運用上の課題を抽出した。FCVS は欧州での開発実績はあるが、その性能特性の詳細を公開した論文はなく、本章では、FCVS のあるべきシステム構成とその性能向上、小児甲状腺癌の原因物質である有機ヨウ素フィルタの開発などを研究目的とすることを明確にした。

第 2 章では事故時の格納容器のデータを分析し、その過圧破損対策としての FCVS の必要性を明確にした。2 号機の原子炉建屋内の汚染分布の調査結果、格納容器の圧力と温度の経時変化、格納容器雰囲気モニタ系による事故時の放射線計測記録等から、主たる漏えい個所を格納容器上蓋フランジに絞り込んだ。ガスケットを改良型 EPDM 材に変えて対策とするため、重大事故時の放射線、熱、蒸気的环境に耐えることを試験で確認した。さらに、原子炉への注水が途絶えた後の注水再開時には、非凝縮性ガスと蒸気が大量に発生して格納容器圧力が急上昇する可能性があるため、注水前にベントして格納容器圧力を下げることが提案した。

第 3 章では、FCVS の開発と性能向上についての研究成果をまとめた。福島第一の事故では、放射性のセシウムやヨウ素が、周辺住民の長期避難、食物生産制限等の影響をもたらしたことから、これらの放射性物質を除去するため、本研究では、アルカリ薬液の湿式スクラバと金属繊維による乾式フィルタを組み合わせた構成とし、放射性エアロゾルが高効率で除去できることを、試験で検証した。スクラビングプール内のノズルと気泡細分化装置を組み合わせ、スクラバプール上部の整流板による水面安定化、金属フィルタによるエントレインメント除去等、新たな工夫を行って除去性能を向上させた。また、空気動力学径が適切な指標であることを確認し、空気動力学径に応じた除去性能の特性を明らかに重大事故シーケンスと事故対応に応じた除去性能を予測可能とした。さ

らに、フィルタ装置内でエアロゾル粒子が慣性衝突で沈着する効果が支配的であることを明らかにした。スクラバのプール水温が上昇し、蒸気凝縮によるエアロゾル捕捉効果が期待できなくとも、慣性衝突で高い除去性能を維持できることを明らかにした。

第4章では、銀ゼオライトで有機ヨウ素を除去するフィルタを開発し、FCVSの高性能化を行った。ヨウ化メチルに代表される有機ヨウ素は、水に殆ど溶解しない気体であり、世界初の開発である。このフィルタは重大事故時に使用するため、全交流電源喪失を条件として考慮する必要があり、ファンによるガス流量制御や電気ヒータによる湿分除去ができないので、水蒸気環境を模擬した有機ヨウ素吸着試験を行い、その特性を確認した。また、格納容器ベント開始時のガスに含まれる水素が、銀を還元させて性能を低下させる可能性があるため、水素を含むガス中での試験も行った。その結果、フィルタ上流にオリフィスを設置して水蒸気を含むベントガスに露点温度差を与えるとともに、銀ゼオライト充填層を通るベントガスの接触時間を適切に確保することで、有機ヨウ素に対して、高い除去性能が得られることを確認した。

これらを踏まえてフィルタ装置を設計し、実機サイズのフィルタユニットを用いた流動試験で、充填層を通過するガス速度の分布を把握するとともに、フィルタ容器内の流動解析も行い、有機ヨウ素を除去するフィルタ装置として十分な性能が得られることを確認した。

第5章では、Incident Command Systemに着目し、これを原子力に応用した緊急時マネジメントシステムを提案した。特に、コモン・オペレーション・ピクチャの活用を含む情報共有手段強化、フェーズドアプローチによる戦略設計、プラント操作ならびに可搬設備の運用と復旧活動といった戦略実行を統括する役割の明確化を行い、緊急時対応を担う発電所員の直営作業能力や迅速なロジスティクス能力を有するチームの育成、長期の対応要員と家族のケアなどを含むシステムを提案した。

以上のとおり、本研究により開発した革新的なFCVSシステムは、設備面(ハード)と人的マネジメント面(ソフト)の双方の協働により、原子力発電所の究極的な重大事故防止対策となるもので、我が国のみならず、世界の原子力発電所の安全性向上に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があると認める。