



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_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 川村 慎一

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、福島第一原子力発電所では冷却機能を失って炉心が溶融し、さらに原子炉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、本研究が重大事故における放射性物質の放出を抑制することを目的として、原子炉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、放射性物質を除去しつつ原子炉格納容器内のガスをベントして、原子炉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、さらにこうした安全設備を的確に運用するために、緊急時マネジメントの改善を検討することを述べた。

第 2 章では事故における原子炉格納容器漏えいを分析し、対策を検討した。この事故で周辺環境を最も汚染させたのは 2 号機の放射性物質漏えいであるが、原子炉格納容器が事故以前に考えられていた限界条件に達する前に、閉じ込め機能を失っている。本研究の分析で、漏えい箇所が原子炉格納容器上蓋フランジであることを特定し、その原因がシリコンゴム製ガスケットの高温蒸気環境下での劣化であることが明らかになった。そこで、ガスケットの材料として改良型エチレン・プロピレン・ジエンゴムに着目し、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。また、事故後長期の閉じ込め性能の信頼性を向上させる観点から、耐火シーラントをバックアップシールとして追加することを考え、試験で性能を評価して実機適用性を確認した。さらに、2 号機のプラント挙動の分析を通じて、炉心注水再開時など、原子炉格納容器の圧力が急上昇する恐れがある事象の前に、ベントによって圧力を下げておくことの重要性が明らかになり、ベント運用の改善を提唱した。

第 3 章では、FCVS について検討した。福島第一原子力発電所事故では、地表に沈着した放射性セシウムと放射性ヨウ素が、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。原子炉格納容器の破損を防止し、これらの放射性物質を除去するのが FCVS の役割であり、本研究が日本国内で初めての FCVS 実用化開発である。FCVS はスイスやドイツで開発実績があるが、その性能特性の詳細を明らかにした文献はない。本研究では、アルカリ薬液のスクラバと金属繊維によるフィルタを組み合わせた装置を、FCVS 用に開発した。開発にあたっては、スクラバノズルと気泡細分化装置の組み合わせ、スクラビング部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、密度が異なるエアロゾルの除去性能を整理するうえで、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試験で明らかにした。これによって、重大事故シーケンスと事故対応に応じた除去性能の予測が可能になり、事故時の対応戦略を検討するうえで有益な知見を得た。さら

に、FCVS によるエアロゾル除去メカニズムとして、慣性衝突による沈着効果が支配的であることが試験結果から明らかになり、この効果に着目して改良を加えることで、将来さらに高性能化が図れる可能性があることが判った。

第4章では有機ヨウ素を銀ゼオライトで除去するフィルタを追加開発し、FCVS の高性能化を行った。有機ヨウ素は、ドイツやスイスで先行例のある FCVS では除去できず、2013 年にスロベニアで除去装置が設置された例があるものの、その詳細は明らかにされていない。一方、日本国内では基礎研究が行われてきたが、本研究が初めての実用化開発研究である。本研究では、銀ゼオライト充填層の吸着特性を試験で把握した。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が確認された。また、ベント初期には、フィルタ内での蒸気凝縮や水素の存在などが、吸着性能に悪影響を与える可能性が考えられるが、適切な接触時間を確保することで必要な性能が得られることも判った。これらを踏まえてフィルタ装置を設計し、試験と解析によって充填層内のガス流速を把握して、実機に適用可能な装置であることを確認した。

第5章では、原子力緊急時のマネジメントについて検討した。前章までに検討した安全設備に加え、それらを的確に運用するマネジメントが必要である。東日本大震災で冷却機能を失いつつも、安全な停止に成功した福島第二原子力発電所の事例は、緊急時マネジメントの重要性を示すものと考えられる。本研究では、その重要な成功要因となったマネジメントの特性を明らかにするとともに、さらに改善を要する課題についても浮き彫りにした。その結果、原子力緊急時のマネジメントとして、戦略プランニング機能、ロジスティクス機能、長期の緊急時活動を支える機能において、特に強化すべきことが明らかになった。さらに、それらの強化を実現するうえで、米国で災害時のコマンドシステムとして開発されてきた 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。

本研究を通じて検討した上記の設備面、あるいはマネジメント面の改善策は、いずれも実機への適用が進められている。また、引き続き原子力発電所の重大事故対策の改善を進めるにあたり、本研究を通じて得た FCVS の性能特性の知見や、緊急時マネジメントの教訓等が活用できると考えられる。