

氏名(本籍)	渡辺 瞬		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 10022 号		
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査学術院	理工情報生命学術院		
学位論文題目	高温高压プラントからの流体漏洩挙動評価における 高速気中水噴流現象の解明		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	金子 暁子
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	西岡 牧人
副査	筑波大学 教授	工学博士	文字 秀明
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	阿部 豊
副査	電気通信大学 教授	博士(工学)	大川 富雄

論文の要旨

【論文内容の要旨】

本研究では、原子力プラントにおける流体漏洩挙動評価手法の確立のために、配管破損モードを考慮した開口部のパラメータを規定し、実機条件相当の高速気中水噴流現象について可視化実験を実施し、高速水噴流現象の特性を明らかにすると共に、実機プラントにおける流体漏洩評価法を構築した。

主な劣化事象として、「応力腐食割れ (SCC)」・「流れ加速型腐食 (FAC)」・「振動疲労」・「液滴衝撃エロージョン (LDI)」を取り扱い、特に FAC における減肉評価を実施し、「き裂」・「ピンホール」・「ギロチン破断 (全周破断)」のいずれかで破損する可能性を示した。実機プラント破損事例を踏まえて破損開口部のパラメータを整備した。

また、破損開口部のパラメータに基づき製作したノズル試験体を用いて、気中水噴流の流動挙動を調べ、流速の増加に対する噴流の微粒化と拡がり角度への影響を明らかにしている。水噴流の飛散距離について、低流速条件では弾道モデルと一致すること、高流速条件では空気抵抗の影響により弾道モデルよりも短くなることを示し、水噴流の拡がり角度と飛散距離に関する飛沫モデルを構築した。

さらに、水噴流の飛沫モデルに基づき、実機プラントに適用可能な流体漏洩評価時に必要となる主要なパラメータを取りまとめ、簡易的に取り扱い可能なツールを開発している。実機プラントの配管レイアウトを模擬した体系を取り扱うことで、評価法の妥当性を示し、本ツールがプラント内の施設区画寸法に対する被水・溢水判定に用いることが可能であることを明らかにした。

本論文で示された結果は、高速水噴流現象の特性を明らかにし、原子力プラントにおける配管破損モードを考慮した流体漏洩挙動評価手法の確立を達成するとともに、プラントの保全対策の適正化に資する重要な成果を得ているものである。

審査の要旨

【批評】

原子力プラントにおける機器・配管は、事業者の定期的な機能・性能検査によって保全がなされている。特に各種配管ヨウ素の保全管理については、日本電気協会の「原子力発電所の保守管理規定」をはじめ、様々な技術企画で取り扱われており、日常保全として、これらの企画に則った配管の肉厚検査がなされている。一方、従来のプラント運転経験や既存規格の方策では規定が困難な劣化事象等に起因して、配管系統からの流体漏洩事象が報告されている。系統が破損し、保有流体が周囲に飛散した場合、溢水・被水によって周辺機器の健全性や人身安全等への影響が生じる可能性がある。このような流体漏洩時の影響評価法に関して、種々のガイドや規定により噴流の飛距離を弾道軌跡として取り扱う方法や、配管口径相当の水柱の飛散を用いる方法がある。しかしながら、実現象においては水噴流の微粒化や飛散がみられる。既存の流体漏洩評価法においては水噴流の波立ちや微粒化による拡がりを考慮せずに影響範囲が規定されていることから、実機プラントにおける現実的な評価が切望されているのが現状である。

本研究は、噴流の流体力学的メカニズムや既存知見に基づいて水噴流の流体挙動について整理し、噴流の拡がり角度および飛散距離が配管破損時における重要な物理量となることを明らかにした。また、FACにおいて配管の減肉評価を行い、流動条件に対する配管破損モードを明らかにしている。さらに、破損開口部のパラメータと水噴流の流動挙動を調べ、噴流の微粒化と拡がり角度への影響を明らかにし、飛沫モデルを構築した。この飛沫モデルに基づき実機プラントに適用可能な流体漏洩評価ツールを開発した。

本研究の成果は、原子力プラントの安全対策の観点からも重要な課題である、配管からの流体漏洩による周辺機器または人員に対する溢水・被水の影響評価について、実機で想定される配管破損モードに基づくより現実的な流体漏洩評価法を構築しており、科学的かつ実用的にも重要な結果を得ている。

【最終試験の結果】

令和3年2月10日、理工情報生命学院において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とシステム情報工学研究群構造エネルギー工学学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。