

氏名(本籍)	まる やま ゆう 丸 山 結 (茨 城 県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	博 乙 第 1923 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
審査研究科	システム情報工学研究科
学位論文題目	Study on Molten Core/Coolant Interactions during Severe Accidents of Light Water Reactors (軽水炉のシビアアクシデント時における熔融炉心/冷却材相互作用に関する研究)
主 査	筑波大学教授 工学博士 河 合 達 雄
副 査	筑波大学教授 工学博士 内 山 洋 司
副 査	筑波大学客員教授 工学博士 椎 名 保 顕
副 査	筑波大学助教授 博士(工学) 阿 部 豊
副 査	筑波大学名誉教授 工学博士 成 合 英 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

軽水冷却型原子炉のシビアアクシデント時には、炉心の熔融によって原子炉压力容器の安全性が脅かされる可能性が指摘されている。熔融炉心と冷却材との相互作用によって発生する可能性のある大規模蒸気爆発の発生可能性や压力容器内での熔融炉心の冷却可能性などを明らかにすることが、軽水冷却型原子炉の安全性を確保する上で、極めて重要な研究課題となっている。

本論文は、これらの熔融炉心と冷却材との間に発生する熱的な相互作用について、実験的な検討を踏まえて解析的に取り扱える物理モデルを構築するとともに、実炉における安全評価に適用可能なツールを作成・提供することを目的としたものである。

大規模蒸気爆発の発生可能性を定量評価するための解析モデルを、単位球体コンセプトを基に開発した。本解析モデルを用いることにより、実験で得られた蒸気爆発発生条件に及ぼす熱水力及び粗混合条件の影響を良好に再現できることを示した。特に、雰囲気圧力が高い典型的な压力容器内熱水力条件下では、主に中心粒子で発生するエネルギーの減少により、蒸気爆発の発生が抑制されること、また、雰囲気圧力が低く水のサブクール度が大きい格納容器内熱水力条件下においては、固化した熔融炉心粒子の増大により蒸気爆発が発生し難いこと、が定量評価された。

更に、压力容器下部プレナム内に体積した熔融炉心の冷却機構を解明するため、水で満たした半球状鋼製容器に熔融アルミナを落下させる実験を実施した。鋼製容器壁過渡熱応答評価ならびに実験後の超音波計測により、下部プレナム内熔融炉心と压力容器とのギャップ冷却によって、熔融炉心が冷却されることを世界で始めて実証した。このギャップ冷却に関する解析モデルを構築し、TMI-2事故における熔融炉心の冷却効果が評価できることを示した。

今回開発した過渡ギャップ冷却モデルならびに単位球体コンセプトに基づく蒸気爆発モデルを、压力容器内熔融炉心冷却及び格納容器内蒸気爆発の実炉解析用コードに組み込み、実炉TMI-2事故に対するスケール解析に適用した結果、压力容器内が低圧で推移するシビアアクシデントにおいて、蒸気比容積の増大に伴うギャップ内蒸気流速の上昇により熔融炉心最大冷却重量が極めて小さくなること、ならびに、典型的な格納容器内熱水力条件

下において実炉スケール粗混合領域の蒸気爆発が抑制される可能性が高いことを明らかにした。

審 査 の 結 果 の 要 旨

軽水炉のシビアアクシデント時の安全を確保する上で重要な検討課題となっていた熔融炉心と冷却材の熱的相互作用現象に起因する蒸気爆発の発生可能性や压力容器内での熔融炉心の冷却可能性などを、実験ならびに解析によって明らかにしている。特に、熔融炉心と压力容器間のギャップ冷却を世界で初めて実証したことは特筆に値する。さらに、現象を定量評価するための解析モデルを構築しており、現在実用的に用いられている。以上より、本論文は、工業的かつ工学的に高く評価できるものである。

よって、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。