

論文の内容の要旨

論文題目 ジルカロイ中の水素化物形成挙動と軽水炉燃料被覆管劣化に及ぼす影響に関する研究

氏 名 篠原 靖周

本論文の内容は5つの章により構成されている。各章の概要を以下に示す。

第1章では、本研究の背景となる照射損傷および水素化物によるジルカロイの脆化挙動に関する現状知見を説明し、脆化機構の解明に向けた課題を抽出した。課題は三つ挙げられ、一つ目は照射損傷組織における水素化物析出形態と機械特性に対する影響の把握、二つ目は、照射損傷組織における水素化物形成機構の把握、三つ目は燃料被覆管の脆化に及ぼす水素化物と照射損傷の重畳効果の機構の把握とした。以降の章では、これらの三つの課題に対応した内容を検討することとし、最後に、検討した脆化挙動評価モデルにより、今後の燃料サイクル運用において、燃料被覆管の脆化が特に懸念される使用済燃料の中間貯蔵に着目し、中間貯蔵時の燃料健全性について検討することとした。

第2章では、使用済燃料被覆管における水素化物のマクロな析出形態と機械特性への影響についての系統的な試験結果を整理することにより、その影響機構を検討するとともに、現状評価における課題を明確にした。課題として、使用済燃料被覆管の脆化挙動を理解するためには、マクロな観察データに基づいた評価に加えて照射欠陥と水素化物の相互作用を踏まえた、よりミクロな機構に基づいた理解が重要と考えられ、本観点に基づき、次章以降の検討を進めることとした。

第3章では、水素イオン照射下TEM内その場観察により、従来確認されていなかった照射損傷組織における水素化物形成機構についての基礎的検討を行った。水素化物は、周囲のマトリックスに転位を放出しながら、ジルコニウム六方晶底面上で部分転位を層状に形成することにより発達することが確認された。また、照射損傷を受けた材料においては、未照射材に比べて水素化物の成長が抑制される傾向が認められたが、これは、供給される水素が照射欠陥における微小水素化物形成に寄与することが要因として考えられる。

第4章では、破壊力学に基づいたアプローチを適用したモデル化を実施し、燃料被覆管の脆化挙動について、従来考慮されていなかった照射材に特有と考えられる微小水素化物を考慮したミクロな破壊モデルを用いて検討した。微小水素化物を考慮したモデルを用いた評価結果は、照射材の引張試験データの傾向と概ね一致してお

り、同モデルの妥当性が確認された。本結果より、照射材に見られる水素脆化と照射脆化の重畳効果の要因として、照射材に特有である微小水素化物の存在が重要な役割を果たしていると考えられる。

第5章では、燃料サイクル運用において、燃料被覆管の脆化が特に懸念される使用済燃料の中間貯蔵に着目し、中間貯蔵時の水素化物析出状態（配向析出、水素化物の成長および密度変化）を2章の試験データを踏まえて予測し、3章および4章により確立した脆化挙動評価モデルを用いて評価することにより、貯蔵時の燃料健全性維持について検討した。