

事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発(3) (10) 軽水炉燃料被覆管への適用性評価

R&D of fuel cladding of ODS ferritic steel for maintaining fuel integrity
at accidental high temperature condition (3)

(10) Applicability to LWR fuel claddings

*坂本 寛¹, 鳥丸忠彦¹, 鵜飼重治², 大野直子², 皆藤威二³, 木村晃彦⁴, 林 重成⁵

¹日本核燃料開発, ²北海道大学, ³日本原子力研究開発機構, ⁴京都大学, ⁵東京工業大学

開発を行っている FeCrAl 系 ODS フェライト鋼について、本事業で実施した各種物性評価試験結果を用いて軽水炉燃料被覆管への適用性評価を行い、本材料は事故時において現行材料と比較して燃料破損リスクの大幅な低減が見込めることを示した。

キーワード：酸化分散強化、フェライト鋼、アルミナ被膜、燃料被覆管、シビアアクシデント

1. 緒言

高速炉および軽水炉の事故耐性を向上する目的から、Cr および Al を添加した超高温用 ODS 鋼 (FeCrAl 系 ODS フェライト鋼) の研究開発を進めている。本研究では、軽水炉通常運転時での設計成立性を踏まえ、事故時における本材料の導入効果を定量的に評価した。

2. 評価方法

設計基準事故 (DBA) の導入効果の評価では、本事業で取得した高温水蒸気試験、LOCA 模擬試験および高温強度試験の成果を利用し、代表的な DBA である LOCA 時の FP ガス放出が始まる温度を現行材料 (ジルカロイ) と比較した。なお、FeCrAl 系 ODS フェライト鋼は中性子吸収断面積がジルカロイに比べて大きいため、通常運転時での設計成立性の観点から燃料被覆管肉厚を約半分として強度計算を行った。

過酷事故時の導入効果の評価では、本事業で取得した高温水蒸気試験、燃料との高温反応試験の成果を利用し、事故時の被覆管肉厚の損耗速度を評価した。

3. 評価結果

DBA では、現行材料と比較して半分の肉厚で使用するものの、優れた高温強度と水蒸気酸化耐性により 200 K 程度 FP ガス放出開始温度を上昇できると評価された。また、過酷事故時では、水蒸気および燃料に対する Al 酸化膜形成による優れた保護特性により、損耗速度が非常に小さく (図 1)、事故時において現行材料と比較して燃料破損リスクの大幅な低減が見込めると評価された。

本研究は、文部科学省の原子力システム研究開発事業による委託業務として、国立大学法人北海道大学が実施した平成 25-28 年度「事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発」の成果である。

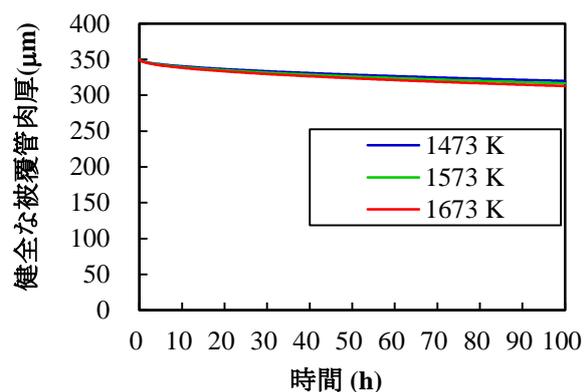


図1 事故時における健全な被覆管肉厚の時間変化

*Kan Sakamoto¹, Tadahiko Torimaru¹, Shigeharu Ukai², Naoko Oono², Takeji Kaito³, Akihiko Kimura⁴, Shigenari Hayashi⁵

¹NFD, ²Hokkaido Univ., ³JAEA, ⁴Kyoto Univ., ⁵Tokyo Institute of Technology