

LOCA 時の燃料被覆管急冷破断限界に及ぼす照射影響の評価

Evaluation of the effect of irradiation on the fracture boundary of fuel cladding under LOCA conditions

*成川 隆文^{1,2}, 山口 彰¹, 張 承賢¹, 天谷 政樹²

¹東京大学, ²原子力機構

統計モデルにより評価した非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管の冷却材喪失事故 (LOCA) 時急冷破断限界と高燃焼度燃料被覆管の LOCA 模擬急冷破断試験結果の文献値を比較した結果、燃焼度 66-76 GWd/t の燃料被覆管の急冷破断限界は、照射の影響で非照射材に比べ著しく低下することはないと考えられた。

キーワード : LOCA, ジルカロイ-4, 高燃焼度燃料被覆管, 急冷破断限界, 照射影響, 不確かさの定量化

1. はじめに

燃焼の進んだ燃料被覆管の冷却材喪失事故 (LOCA) 時の急冷破断限界の不確かさを定量的に評価するため、著者らは通常運転中に生じる被覆管の水素吸収を模擬して水素を添加した非照射ジルカロイ-4 被覆管に対する LOCA 模擬急冷破断試験の報告値^[1]に対し統計解析を実施し、等価被覆酸化量 (ECR) 及び初期水素濃度を説明変数とした急冷破断確率評価モデルを構築してきた。本研究ではこのモデルにより評価した非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管の不確かさを考慮した急冷破断限界と、文献にて報告されている高燃焼度燃料被覆管の LOCA 模擬急冷破断試験結果^[2]とを比較し、燃料の燃焼度が急冷破断限界に及ぼす影響のうち、照射による影響を評価した。

2. 評価に用いた急冷破断確率評価モデルの概要

本研究で用いた急冷破断確率評価モデルは、非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管に対する LOCA 模擬急冷破断試験により得られた被覆管の破断ないし非破断に関する二値データの報告値^[1]に対して、一般化線形モデルである log-probit モデルを改良し得られた改良 log-probit を用いたベイズ推定による回帰分析を実施し、Baker-Just 酸化速度式^[3]より求めた同試験実施時の ECR、及び同試験実施前の被覆管水素濃度を説明変数として構築したものである。本研究では、このモデルにより評価した急冷破断確率 5% の 95% 信頼水準を、不確かさを考慮した急冷破断限界 (以下、急冷破断限界) と定義した。

3. 結果及び考察

改良 log-probit モデルにより評価した急冷破断限界を、高燃焼度 PWR 及び BWR 燃料被覆管 (燃焼度 66-76 GWd/t) に対する LOCA 模擬急冷破断試験結果の文献値^[2]と比較した。その結果を図 1 に示す。図中の実線、濃い灰帯及び薄い灰帯はそれぞれベイズ信頼区間の中央値、50% 区間及び 95% 区間であり、上記モデルで評価した急冷破断限界を示している。この図より、非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管の急冷破断限界に相当する酸化条件において上記の高燃焼度燃料被覆管は破断していないことが分かる。すなわち、燃料被覆管の LOCA 時急冷破断限界は、燃焼度 66-76 GWd/t においても非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管のそれと比べ、照射の影響によって著しく低下することはないと考えられる。

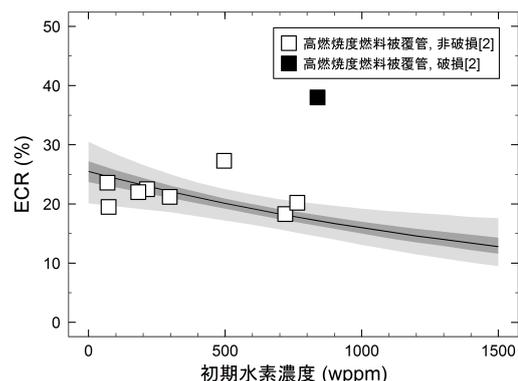


図 1 非照射の水素添加ジルカロイ-4 被覆管の急冷破断確率 5% の 95% 信頼水準と高燃焼度燃料被覆管の LOCA 模擬急冷破断試験結果の文献値^[2]との比較

参考文献

[1] Nagase F. and Fuketa T. JNST, 2005; 42: 209-218. [2] Nagase F. et al. JNST, 2009; 46: 763-769. [3] ANL-6548.

*Takafumi Narukawa^{1,2}, Akira Yamaguchi¹, Sunghyon Jang¹, and Masaki Amaya²

¹UTokyo, ²JAEA