

事故時燃料挙動解析コード RANNS を用いた SPERT-CDC 859 実験の解析

An analysis of SPERT-CDC test 859 using a fuel performance code RANNS

*谷口 良徳¹, 宇田川 豊¹, 天谷 政樹¹

¹ 日本原子力研究開発機構

反応度投入事象に係る評価指針の根拠の一つとなった SPERT-CDC 859 実験に関して、試験燃料棒の破損挙動に対する腐食の影響を調べるため、燃料挙動解析コードを用いて解析した。同実験の燃料棒が予備照射時に非常に大きく腐食し、この腐食が燃料の破損時エンタルピに影響していることが示唆された。

キーワード：軽水炉燃料, RIA, PCMI, 燃料挙動解析コード

1. 緒言

発電用軽水炉で想定されている反応度投入事象（RIA）に関して、中高燃焼度燃料では、被覆管の腐食に伴う脆化と RIA 時の Pellet-Cladding Mechanical Interaction（PCMI）に起因する破損の発生を考慮する必要がある。現行評価指針の PCMI 破損しきい値は燃焼度の影響を考慮しており、その一部は、燃焼度 31800 MWd/t まで予備照射された試験燃料棒について米国で実施された SPERT-CDC 859 実験（SPERT859 実験）の結果を根拠としている。しかし、同試験燃料棒の被覆管には、予備照射後に過度な腐食の形跡があったとされ[1]、同実験の破損挙動及び同等の燃焼度における発電用軽水炉燃料棒の破損挙動にどの程度違いがあるか確認する必要がある。特に SPERT859 実験の試験燃料棒の破損挙動に対する腐食の影響を調べるため、燃料挙動解析コード FEMAXI-7 及び RANNS を用いて解析を行った。

2. 解析

まず FEMAXI-7 を用いて、SPERT859 実験における予備照射時（平均線出力 456 W/cm）の燃料挙動解析を行った。ここで、予備照射後、被覆管の外径増加量は測定されているが、被覆管の酸化膜厚さは測定されていない[1]ことから、予備照射後の被覆管外径増加量を再現するよう被覆管の酸化速度を調整した。次に、予備照射時の解析結果を入力として、SPERT859 実験における RIA 試験時の燃料挙動を RANNS により解析した。

3. 結果・考察

FEMAXI-7 による解析の結果、予備照射後の被覆管の酸化膜厚さは約 160 μm と評価された。この酸化膜厚さは、発電用軽水炉の通常運転時の燃料挙動解析で一般的に用いられている MATPRO モデルを用いた解析評価値と比べ、外径増加量に影響する燃料のスウェリング等の要素を考慮しても、非常に大きい。RANNS による解析において、実験に供された燃料棒被覆管が応力除去焼鈍材であることを考慮し、腐食に伴い生じる被覆管外周部の水素化物の集積領域において RIA 時に発生する被覆管外面き裂の進展が燃料の破損をもたらすというモデル[2]に基づいて RIA 試験時の燃料挙動を評価した。被覆管外面き裂先端の J 積分（J）の値が、RANNS が内蔵する PCMI 破損限界 J 積分 J_c （ J_c ）の値を超えた時刻を PCMI 破損の発生時刻とみなすと[2]、その時刻における燃料エンタルピが破損時エンタルピとなる。RANNS による解析で得られた J 及び J_c 、燃料エンタルピ、及び SPERT859 実験におけるパルス線出力の履歴を図 1 に示す。図 1 から評価された破損時エンタルピは、SPERT859 実験における破損時エンタルピ 85 cal/g と同等の値となることわかった。即ち同解析結果は、RANNS の PCMI 破損モデルに照らせば、実験開始時に酸化膜厚さ 160 μm という非常に大きな腐食が試験燃料に生じていたとする予備照射解析の評価が概ね妥当であったことを示している。これらの FEMAXI-7 及び RANNS による解析の結果、SPERT859 実験の試験燃料棒には予備照射時に、軽水炉の通常運転時の燃料棒と比べ非常に大きな腐食が生じており、この腐食が燃料の破損時エンタルピに影響していることが示唆された。

参考文献

- [1]本間功三他, “照射済燃料を用いた SPERT 及び PBF・RIA 実験における燃料破損挙動の再評価”, JAERI-M 92-044, 1992 p314
- [2]宇田川豊他, “軽水炉燃料の事故時挙動解析コード RANNS の反応度事故解析モデル開発”, JAEA-Data/Code 2014-025, 2015 p9-p12

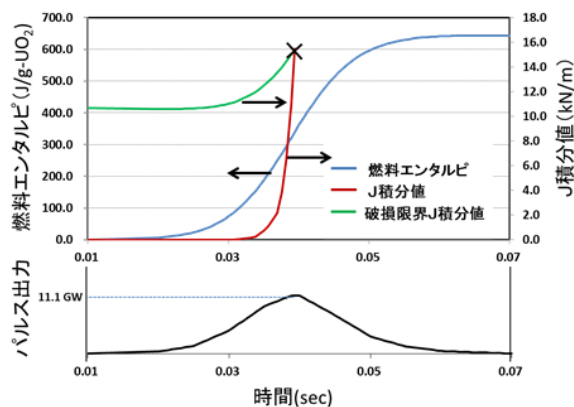


図 1：RANNS による解析結果例

* Yoshinori TANIGUCHI¹, Yutaka UDAGAWA¹, Masaki AMAYA¹

¹JAEA