FEMAXI-7 による SiC 被覆事故耐性燃料棒の通常運転時のふるまい解析

Fuel rod behavior analysis of ATF with SiC cladding under normal operating condition by FEMAXI-7

*岡田 知也，山路 哲史
早稲田大学

軽水炉の事故耐性燃料棒（ATF）被覆管の候補である炭化ケイ素（SiC）の熱的および機械的物性を軽水炉燃料棒ふるまい解析コード（FEMAXI-7）に組み込み、軽水炉の通常運転条件でのふるまい解析を行った。解析に用いるモデルは Halden 炉で照射された IFA-432 rod 2 のデータにより検証した。

キーワード：燃料棒ふるまい、PCMI、FEMAXI-7、事故耐性燃料、SiC

1. 緒言

軽水炉の事故耐性燃料棒（ATF）被覆管の候補材の炭化ケイ素（SiC）はジルカロイ（Zry）に比べ融点が高く高温蒸気とほとんど反応しないため軽水炉の事故耐性を抜本的に改善できる可能性がある。しかし SiC は Zry と熱的特性や機械的特性が異なるため、メーカー等により SiC 被覆管を用いた ATF のふるまいおよびその健全性が検討されている。しかし、これらの研究では解析モデルおよび材料物性が必ずしも全て公開されていない。また、現行の軽水炉燃料棒ふるまい解析のモデルにより、SiC-UO_2 燃料棒の設計および健全性評価が可能であるかどうかも示されていない。そこで本研究では、公開コード（FEMAXI-7[1]）、Halden 炉の公開照射データにより検証した解析モデルおよび SiC の公開物性データを用い、SiC-UO_2 燃料棒の軽水炉通常運転条件でのふるまいを解析し、Zry-UO_2 燃料棒との差および今後の開発に向けた課題を検討した。

2. 手法

まず、Halden 炉で測定された IFA-432 rod 2（8x8 BWR 燃料棒と同様な燃料棒の照射データ）[2]を用い、燃料棒の熱的ふるまいおよびペレット-被覆管機械的相互作用（PCMI）に支配的なモデルの検討を行った。その際、ペレット内径方向出力分布は核計算コード RODBURN により評価した。その後、FEMAXI-7 に SiC の物性データ [3] を組み込み、SiC 被覆管を用いた軽水炉燃料棒のふるまい解析を行った。

3. 結果

図 1 にペレット中心温度、**図 2** に被覆管外径変化の解析結果を示す。燃料中心温度は燃焼中期では SiC 被覆燃料の方が高く、高燃焼度においては Zry 被覆燃料が高い。Zry 被覆燃料は運転中、冷却材圧力や PCMI の影響を受け、炉の起動と停止による出力変動に伴って外径が大きく変化している。対して、SiC は Zry に比べクリープ強度が高いため、出力変動に対し外径がほぼ一定で変化が見られない。

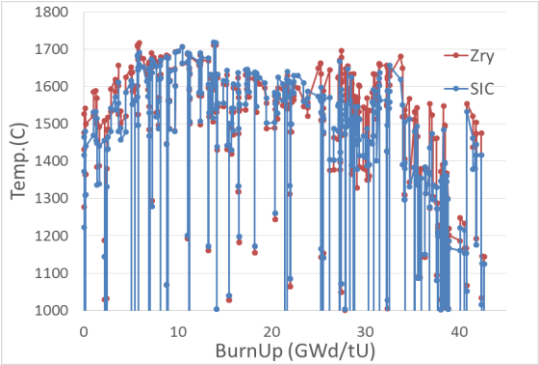

図 1. ペレット中心温度

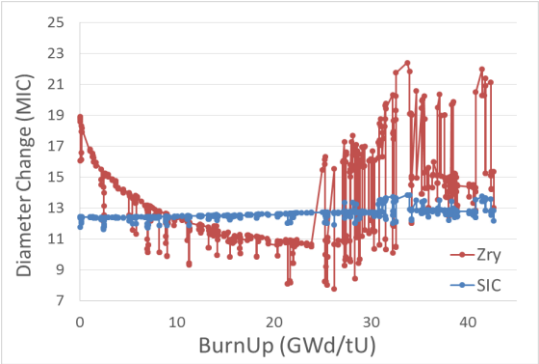

図 2. 被覆管外径変化

参考文献

[1] 鈴木元衛、斎藤裕明、宇田川豊、天谷政樹、「軽水炉燃料解析コード FEMAXI-7 のモデルと構造［改訂版］」、JAEA-Data/Code 2013-014, 2013

[2] “NEA-1488 IFPE/IFA-432”, 1996

[3] Todd R. Allen, Roger E. Stoller, Shinsuke Yamanaka, “Comprehensive nuclear materials”, 2012

*Tomoya Okada, Akifumi Yamaji
Waseda Univ.