

高燃焼度における小型モジュール炉燃料の照射挙動評価（第2報）

Irradiation Behavior evaluation of Small Modular Reactor fuel at high burnup (2nd report)

*松浦 敬三¹

¹ 福井工業大学

小型モジュール炉（SMR）の開発が各国において進み、数年以内に実機運用が予想される現在、炉心の運用条件も概念炉設計時と比べ大きく変更され、熱効率の向上、燃料への負荷低減等が行われている。そこで、より現実的な運用条件で燃料の高燃焼度時化の可能性検討を行った。

キーワード：小型モジュール炉，照射挙動，高燃焼度，FP ガス放出

1. 緒言

加圧水型 SMR として実用化が近いと考えられる NuScale 社 VOYGR[1]は、表 1 に示すように概念設計炉であった MASLWR[2]の炉心条件から、高出力、高熱効率化を達成するため炉心条件を大きく変更した。一方、燃料については線出力低下による負荷低減がなされている。このような現実的な炉心条件において高燃焼度での燃料運用が可能かについて検討を行った。

表 1 炉心条件の比較 (VOYGR, MASLWR and 4loop PWR)			
炉心設計値	VOYGR	MASLWR	4loop PWR
炉心熱出力 [MWt]	250	150	3411
集集体数 [-]	37	24	193
燃料有効長 [mm]	2000	1350	3648
線出力密度 [W/cm]	128	175	171
炉心入口温度 [°C]	250	217	289
1 次冷却材圧力 [MPa]	13.79	8.6	15.5
冷却材流速 [m/s]	0.921	0.825	4.7
熱効率 [%]	30.8	23.3	34.6

2. 解析方法

軽水炉燃料解析コード FEMAXI-8[3]を用いた。解析対象燃料は、NuScale Power 社の小型モジュール炉の VOYGR を参考とし、180GWd/tU までの照射挙動解析を行った。

3. 解析結果

前報において、高燃焼度化で問題と考えられた内圧について本報の炉心条件での解析結果を図 1 に示す。前報では、燃料棒平均燃焼度約 90GWd/tU を超えると内圧の急昇が見られたが、今回の解析結果では内圧増加は 120GWd/tU 付近からと遅れている。燃焼末期の内圧も前報（18MPa）より大幅に低減されている。また、内圧低減対策候補である中空ペレット(中空部径 1mm)および大粒径ペレット(粒径 30μm)の内圧低減効果を定量的に確認した。

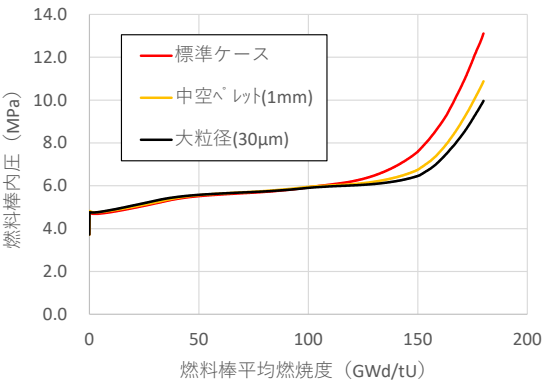


図 1 燃料棒内圧

4. 結論

実用化に近い SMR の炉心条件を参考に燃料の高燃焼度挙動を評価した結果、概念設計では問題となった FP ガス放出も抑えられるとともに内圧低減対策候補として大粒径ペレットと中空ペレットの効果も定量的に確認し SMR 燃料のさらなる高燃焼度化に可能性があることを確認した。なお、発表時には他の健全性の解析結果についても報告する予定である。

参考文献

[1] Carrie Fosaaen, “Submittal of the NuScale Standard Design Approval Application Part 2 – Final Safety Analysis Report, Chapter 4, Revision 0”, NuScale Power, LLC(2023). [2] S.Michael Modro, Multi-Application Small Light Water Reactor Final Report, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory Bechtel BWXT Idaho, LLC, 2003.10. [3] Y.Udagawa, M.Amaya, "Model Updates and Performance Evaluations on Fuel Performance Code FEMAXI-8 for Light Water Reactor Fuel Analysis", Journal of Nuclear Science and Technology, (2019)

*Keizo Matsuura¹

¹FUT