長寿命超ウラン元素を燃焼可能な軽水炉 RBWR の開発 (10) 熱的余裕を増加した炉心設計

Development of RBWR for Long-lived Transuranium Elements Burner

(10) Core Design to Increase Thermal Margin

*三輪 順一¹, 日野 哲士¹, 光安 岳¹, 小野 道隆¹, 大塚 雅哉¹, 守屋 公三明²

¹日立研開,²日立 GE

長寿命超ウラン元素を燃焼可能な沸騰水型軽水炉 RBWR において、稠密燃料格子燃料に対する限界出力 評価の不確定性を考慮し、熱的余裕を増加した炉心設計を実施した。炉心流量を増加させるとともに、軸 方向出力分布や燃料集合体内の局所出力ピーキングを低減することで、超ウラン元素の燃焼特性を大きく 変えることなく、熱的余裕を増加できる見通しを得た。

キーワード:沸騰水型軽水炉、TRU 燃焼、限界出力、稠密格子

1. 緒言 超ウラン元素(TRU)を燃焼可能な沸騰水型軽水炉 RBWR(資源再利用型 BWR: Resource-renewable BWR)を開発している。現行の軽水炉 BWR/PWR と併用しながら、BWR/PWR および自分自身の使用済燃料に含まれる TRU を多重リサイクルすることで、高レベル廃棄物への TRU の移行を抑制できる TRU 燃焼サイクルの実現をめざすものである¹⁾。稠密燃料格子燃料を採用した RBWR について限界出力評価の不確定性²⁾を考慮し、炉心流量を増加し熱的余裕を増加した炉心仕様と炉心特性を報告する。

2. 炉心構成 RBWR 燃料集合体を図1に示す。ボイド反応度係数を負にするため、炉心の上下に中性子吸 収材を配置している。炉心流量が減り炉心上部のボイド率が増加すると、炉心上部からの中性子漏洩量が 増え、炉心上部の中性子吸収材による吸収量が増加する。一方、炉心下部のサブクール領域ではボイド率 は変化しないが、沸騰領域でのボイド率変化により下部燃料の出力が増加するため(図2)、炉心下部への中 性子漏洩量が増加する。このため、炉心下部に設置した中性子吸収材による中性子吸収量も増加する。一 般的に、中性子吸収材量を増やすことで、吸収量の増加も大きくなり、ボイド反応度係数はより負となる が、通常時の中性子経済性も悪化する。また、ボイド率の変化が伴う炉心上部の方が、中性子漏洩量の変 化が相対的に大きく、中性子吸収材による吸収量の変化も大きくなるため、上部燃料の相対出力を大きく した方がボイド反応度係数はより負となるが、熱的余裕の観点から上部と下部の出力バランスを考慮する 必要がある。

3. 炉心特性 表1に炉心流量を増加した場合の炉心特性変化を示す。炉心流量を増加し冷却水ボイド率が 減少すると、多重リサイクル中に核分裂性 Pu 割合が減少するため、TRU の富化度を増加して臨界を維持 する必要がある。一方、TRU 富化度を増加するとボイド反応度係数が正側に大きくなる。しかし、2.で述 べたように、中性子吸収材の量と上下部燃料の出力バランスを最適化することで、TRU 燃焼特性を大きく 変えることなく、負のボイド反応度係数を確保できる見通しを得た。

4. 結論 炉心流量を増加して熱的余裕を増加し、TRU 富化度を増やして臨界を維持しつつ、ボイド反応度 係数負を確保できることを確認した。



^{*}Junichi Miwa¹, Tetsushi Hino¹, Takeshi Mitsuyasu¹, Michitaka Ono¹, Masaya Ootsuka¹ and Kumiaki Moriya² ¹Hitachi, Ltd. , ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.