

トリウム燃料装荷による PWR 炉心特性への影響評価

Study on Impact of Loading Thorium Fuel on PWR Core-characteristics

*小林 千将¹, 竹田 敏¹, 北田 孝典¹, Cheuk Wah Lau²

¹大阪大学, ²Thor Energy

第3世代プラス PWR の炉心特性について、トリウム燃料を PWR 炉心に装荷することによる影響を評価した。PWR 炉心にトリウム燃料が装荷されたことによる炉心特性への影響について、核的な挙動に基づいた考察を行った。

キーワード: トリウム燃料, 炉心特性

1. 緒言

先行研究では主に従来の第2世代 PWR にトリウム燃料を添加することで、いくつかの炉心特性が改善されることが示されている。本研究においては、トリウム燃料を第3世代プラス PWR に一部装荷し、第3世代プラス PWR 平衡炉心 (Th 炉心) を作成した。従来の第2世代 PWR と比較し第3世代プラス PWR は出力が高いため、第2世代 PWR と同じサイクル期間を達成するために濃縮度などの燃料組成を変更した。Th 炉心とウラン燃料のみで構成される第3世代プラス PWR 平衡炉心 (U 炉心) を計算コード CASMO-4E, SIMULATE-3 を用いて炉心特性を計算・比較することで、従来とは異なる組成のトリウム燃料を装荷した場合の第3世代プラス PWR 炉心特性への影響を評価した。

2. 解析

第3世代プラス PWR (以後 PWR) 平衡炉心をもとに U 炉心と Th 炉心を求めた。この炉心の炉心内集合体配置は中性子の漏れが少なくなるように設計した。そして、U 炉心、Th 炉心の減速材温度係数 (MTC)、ホウ素価値 (BOR)、ドップラー温度係数 (DTC) などの PWR 炉心特性を CASMO-4E, SIMULATE-3 を用いて計算し、トリウム燃料を添加したことによる PWR 炉心特性への影響を評価した。BOR などのホウ素濃度に依存する炉心特性については、ホウ素濃度の影響を除するため両炉心とも同じホウ素濃度条件下で検討を行った。

3. 結果・考察

表1に U 炉心、Th 炉心それぞれの MTC, DTC, BOR を示す。MTC については、Th 炉心の方が絶対値は大きい結果となる。減速材の温度変化に伴って減速材の密度が変化すると、炉心内

表1 U 炉心と Th 炉心の MTC, DTC, BOR

	MTC (pcm / K)		DTC (pcm / K)		BOR (pcm / ppm)	
	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC
U 炉心	-22.3	-69.7	-2.5	-2.7	-6.1	-7.6
Th 炉心	-24.1	-72.3	-2.5	-2.8	-6.0	-7.2

に反射される中性子数も変化し炉心外に漏れ出る中性子数も変化する。つまり減速材温度変化に伴う炉心外に漏れる中性子数の変化量が、Th 炉心の方が U 炉心より大きいため MTC の絶対値が大きくなったと考えられる。DTC については Th 炉心の方が絶対値は大きい結果となる。これは ^{232}Th の方が ^{238}U よりも温度変化による中性子吸収の変化が大きいためであると考えられる。BOR については Th 炉心の方が絶対値は小さい結果となる。これは、 ^{232}Th のほうが ^{238}U よりも熱領域での吸収断面積が大きいため、Th 炉心において熱領域の中性子が U 炉心と比較して少なくなりホウ素濃度変化の影響が小さくなるのが原因であると考えられる。

4. 結論

本研究では、高出力の第3世代プラス PWR にトリウム燃料を装荷した場合の影響を評価した。MTC, DTC, BOR に関しては U 炉心と Th 炉心で多少の変化はあるが、PWR 炉心特性に対して大きな影響は無いと考えられる。

参考文献

- [1] "CASMO-4E User's Manual," Studsvik Scandpower - University Release SSP-09/443-U Rev0.
- [2] "SIMULATE-3 User's Manual," Studsvik - University Release SSP-09/447-U Rev0.
- [3] C. W. Lau, et al., "Investigating of the Equilibrium Core Characteristics for the Ringhals-3 PWR with Improved Thermal Margins Using Uranium-thorium Fuel", ICAPP 2013, Jeju Island, Korea, April 14-18, 2013

*Kazumasa Kobayashi¹, Satoshi Takeda¹, Takanori Kitada¹ and Cheuk Wah Lau²

¹Osaka Univ., ²Thor Energy