

燃料棒接触型稠密集合体を用いた加圧水型軽水炉の増殖炉心設計

Core design of breeding PWR using tightly packed fuel assembly

*武井 哲応¹, 山路 哲史¹

¹早稲田大学

本研究では、減速材対燃料体積比を大幅に低減する燃料棒接触型稠密集合体を用いる高増殖加圧水型軽水炉炉心概念を検討し、複合システム倍増時間の短縮を図った。

キーワード：高速増殖炉，加圧水型軽水炉，PWR，複合システム倍増時間，燃料棒接触型稠密集合体

1. 緒言

本研究では、燃料棒接触型稠密集合体(TPFA)(図1)を用い、負のボイド反応度と最小限界熱流束比(MDNBR) >1.72 [1]の暫定的な設計基準を満たす、複合システム倍増時間(CSDT)の短い高増殖炉心概念を検討した。TPFA は減速材対燃料体積比を大幅に低減し、増殖性能の向上に適しているが、冷却材流路面積が小さいため、炉心熱出力の

向上が課題となる。すなわち、MDNBR の設計基準を満たすために必要な冷却材流量が大きな圧力損失をもたらす。また、負のボイド特性と炉心の大型化を両立するためには多数のブランケット燃料集合体が必要になるが、その際に炉心出力ピーキングの低減が課題となる。そこで本研究では、ブランケット燃料集合体に劣化ウランを用いる場合と、²³⁵U を 4.95 wt% 含む濃縮ウランを用いる場合の炉心概念を検討した。

2. 炉心計算手法

炉心特性は、中性子衝突確率法とマクロ断面積内挿法および中性子拡散近似法に基づく SRAC2006、ASMBURN、COREBN コードを用いた核計算と、これらの結果から得られる各集合体の最大出力チャンネルおよび平均出力チャンネル出力分布を用いた単チャンネル熱流動計算を結合した三次元核熱結合炉心燃焼計算により評価した。また、限界熱流束は KfK 式[2]で評価した。

3. 結果と考察

炉心諸元を表 1 に示す。ブランケット燃料集合体に劣化ウランを使用する場合、径方向出力ピーキングが大きくなった。平均線出力密度の増加により、CSDT は短縮できるが、MOX 燃料を使用するシード燃料集合体で圧力損失の大幅な増加を伴う。ブランケット燃料集合体に濃縮ウランを用いると、径方向出力ピーキングの低減による圧力損失低減と、ボイド反応度改善による炉心の大型化によって、炉心熱出力を増大できた。また、CSDT を 54 年まで短縮できた。

3. 結論

TPFA を用いた PWR 炉心概念を検討し、出力密度増加による CSDT の短縮と圧力損失増加の関係および、濃縮ウランによる出力ピーキング低減と出力密度の向上、CSDT の大幅な短縮が可能であることを示した。

参考文献 [1] Yoshiaki Oka, 2014, Nuclear Reactor Design, An Advanced Course in Nuclear Engineering, 119-120.

[2] M. Dalle and W. Hame, 1985, Critical Heat Flux Correlation for Triangular Arrays of Rod Bundles with Tight Lattices, Including the Spiral Spacer Effect.

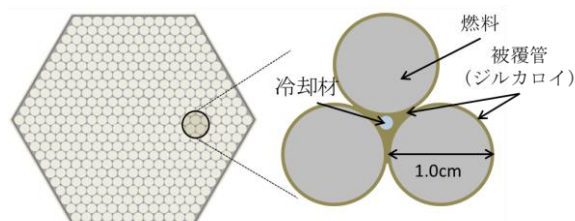


図1 燃料棒接触型稠密集合体

表1 炉心諸元

ブランケット燃料	劣化ウラン	←	濃縮ウラン
炉心有効長/炉心等価直径[m]	1.0/5.0	←	2.1/5.0
燃料集合体数(シード/ブランケット)	145/222	←	←
平均プルトニウム富化度[wt%]	28.3	←	18.3
炉心熱出力[MW]	455	546	1091
平均線出力密度[kW/m]	2.3	2.7	2.5
最大線出力密度[kW/m]	11.3	13.7	8.1
径方向出力ピーキング係数	2.6	2.6	1.9
平均取り出し燃焼度(シード)[GWd/t]	32.3	38.8	24.1
圧力損失[MPa]	0.49	1.45	0.93
複合システム倍増時間[year]	209	163	54

*Tetsuo Takei¹, Akifumi Yamaji¹

¹Waseda Univ.