

MOX 燃料を用いた船舶用低減速炉の炉心設計

Core design of MOX-fueled reduced-moderation water reactor for marine use

*根本 雄作¹、高木 直行¹

¹東京都市大学

陸上炉に比べた船用炉の特徴として、燃料交換頻度が少ないことや遮蔽体が小さいこと、低出力であることが挙げられる。本研究では船に搭載可能なサイズで長寿命である炉心を目指すべく、MOX 燃料を用いた小型低減速炉について検討した。

キーワード：MOX 燃料、長寿命炉心、低減速炉、船用炉

1. 緒言

近年地球温暖化により、夏季の北極海域の海氷面積は減少傾向にある中、船舶通航実績が急増しているところであり、国内はもとよりアジア近隣諸国においても北極海航路活用に向けた議論が活発になっている。原子力砕氷船開発に早くから関心を寄せていたロシア連邦は大型原子力砕氷船団を発展させ、年間を通じて利用できるようインフラの整備に取り組んでいる。北極海航路を活用することで運行距離短縮とCO₂排出量を大幅な削減が可能になる。脱炭素社会の実現を目指す我が国が取り組める技術の一つとして原子動力に注目した。本研究では船舶に搭載可能なサイズで、燃料交換頻度が少ない長寿命炉心の検討を試みて、MOX 燃料を用いた小型低減速炉の解析を行った。

2. 炉心解析条件と結果

対象とした4炉心の燃料仕様を表1に示す。原子炉には高い転換性能と高燃焼度を達成するために減速材として重水を用いた低減速炉を採用し、燃料にはUO₂燃料、(U-Pu)O₂燃料、(Th-U)O₂燃料を採用した。炉心の出力やサイズに関してはロシアの船用炉RITM-200を参考にした[1]。炉心寿命を比較するために各燃料の初期反応度を近い値に合わせ、臨界維持について検討した。解析には汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコードMVP3.0及びMVP-BURN、核データライブラリーにはJENDL-4.0を用いた。

結果を図2に整理した。軽水炉に比べると重水炉は燃焼欠損反応度が小さい傾向にある。(U-Pu)O₂重水燃料炉は最も高い増殖性能を示したが、10年程度で未臨界となった。(Th-U)O₂重水燃料炉は20年間を通して増殖比を1以上に保ち続けた。

3. 結言

20年間燃料交換の必要がない船舶用小型低減速炉の炉心仕様について検討した。今後は内部ブランケットを活用した解析を進めるなど、改善検討を行っていく。

表 1. 炉心仕様

	UO ₂ 燃料 重水炉	U ²³³ 燃料 重水炉	MOX燃料 重水炉	UO ₂ 燃料 軽水炉 基準
熱出力 [MWt]	175	←	←	←
炉心直径 [cm]	123	←	←	←
炉心高さ [cm]	128	←	←	←
炉心圧力 [MPa]	15	←	←	←
軸ブランケット厚 [cm]	21.1	←	←	←
集合体/炉心	39	←	←	←
燃料組成	UO ₂	(Th-U ²³³)O ₂	(U-Pu)O ₂	UO ₂
ブランケット燃料組成	²³² ThO ₂	←	←	←
減速材/冷却材	重水	←	←	軽水
U ²³⁵ 濃縮度(%)	19	—	0.72	9
Pu富化度(%)	—	—	22.5	—
Th富化度(%)	—	14	—	—

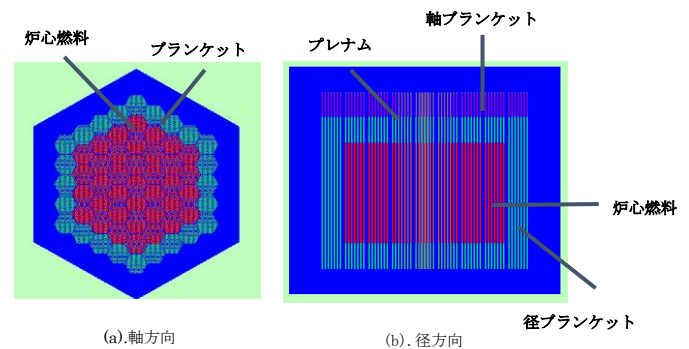


図 1. 炉心体系

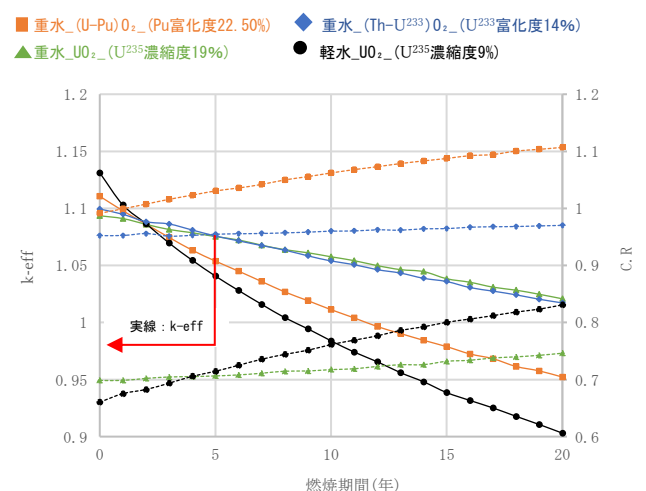


図 2. 船用炉の種々燃料を用いた低減速炉の燃焼特性

参考文献

[1] DE Savitsky, AV Kuzmin. “The calculation of the campaign of reactor RITM-200” IOP Conference Series(2021)

*Yusaku Nemoto¹, Naoyuki Takaki¹

¹Tokyo City Univ.