

径軸方向ブランケット付き重水冷却低減速トリウム増殖炉の炉心特性及び発電原価評価

Core characteristics and generation cost evaluation of heavy-water-cooled reduced-moderation thorium breeder reactor with radial and axial blankets

*櫻井 祐希¹, 篠原 知篤¹, 石田 大樹², 井上 徹也¹, 高木 直行¹

¹東京都市大学,²東芝プラントシステム株式会社

限りあるウラン資源を有効利用するために、増殖炉の開発が行われている。本検討では、燃料増殖可能な低減速トリウム炉の炉心設計を行い、核特性及び発電原価を評価した。

キーワード：低減速炉，重水炉，増殖炉，トリウム，発電原価

1. 緒言

水を冷却材に用いる低減速増殖炉は、水炉の技術・知見の応用が可能であることから、より迅速な増殖炉導入が見込める。先行研究^{[1][2]}で実施された炉心仕様を参考に、軸径方向ブランケット付き重水冷却低減速トリウム増殖炉(RHWR:Reduced-moderation Heavy Water Reactor)の解析を行い、核特性及び発電原価評価を行った。

2. 解析条件及び結果

設計にあたり、軽水炉と同等の燃焼度を有すること、負の反応度係数を持つことを目標とした。全炉心体系の炉心仕様を表1に示す。熱出力、炉心サイズは1200MWe級PWRを参考に決定し、転換比を高めるために軸、径方向ブランケットを配置した。一方、U-233燃料増殖炉ではPu-239炉に比べてボイド反応度を小さくできる傾向があるため、ボイド反応度低減策として用いられる内部ブランケットや上下部中性子吸収体は設定しない。解析は燃料交換を考慮しない1バッチ炉心条件で行い、増殖性能評価にはFissile Inventory Ratio (FIR)を用いた。解析コードはMVP-3.0、MVP-BURN、核データはJENDL-4.0を使用した。

対象の低減速Th炉について、²³³U富化度をパラメータとした際の臨界性とFIRを図1に示す。富化度が9.5wt%以下の場合、燃焼末期でのFIR>1となり、増殖炉として成立する見込みを得た。またこの時の炉心取出燃焼度を線形反応度モデルで算出した結果70.4GWd/tとなった。

発電原価は耐用期間均等法を用いて算出した。本RHWRは取出燃焼度が高いため、建設費を現行軽水炉の1.3倍以下に収める事ができればMOX燃料利用軽水炉より安価となることが分かった。(図2)

3. 結言

ブランケットを有する重水冷却低減速トリウム増殖炉を対象に核特性評価を行った。結果として、負の反応度係数を持ちながら、炉心部取出燃焼度72.0GWd/tを達成する増殖炉成立の見込みを得た。

参考文献

[1] 石田他、日本原子力学会 2020 年秋の大会 1104「トリウム燃料が成立する減速条件に関する基礎研究」
[2] N.Takaki, “Core Design and Deployment Strategy of Heavy Water Cooled Sustainable Thorium Reactor”, Sustainability, 4(8), 1933-1945, 2012

*Yuki Sakurai¹, Tomoatsu Shinohara¹, Hiroki Ishida², Tetsuya Inoue¹ and Naoyuki Takaki¹

¹Tokyo City Univ., ²Toshiba Plant Systems & Services Corporation

表1 炉心諸元

炉心仕様		
熱出力[MWt]	3411	
炉心直径[cm]	363	
炉心高さ[cm]	370	
炉心圧力[MPa]	15	
軸ブランケット厚[cm]	21.1	
集合体数/炉心	271	
集合体仕様		
集合体ピッチ[cm]	21.68	
ピン本数/集合体	169	
燃料ペレット直径[cm]	1.19	
被覆管厚[cm]	0.119	
平均線出力[kW/m]	20.7	
組成		
燃料 (温度[K])	(Th+ ²³³ U)O ₂ (900)	
減速材/冷却材 (温度[K])	D ₂ O (614)	
被覆管	Zircaloy-4	
HM インベントリ [t]	燃料 径ブラ 軸ブラ	158 28 18

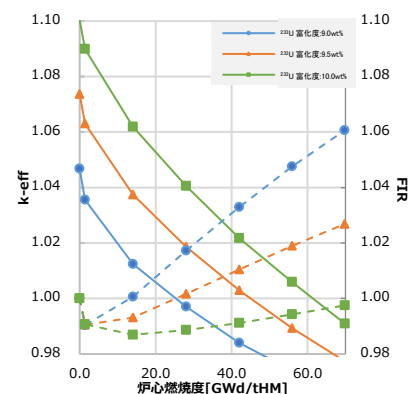


図1 臨界性と増殖性能

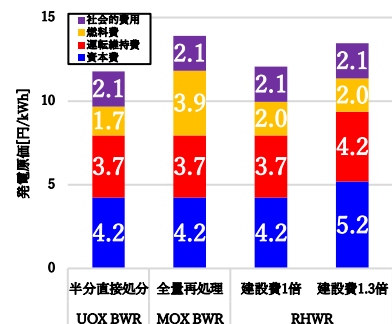


図2 建設費をパラメータとした発電原価