

トリウム燃料を用いる BWR の Pu 消費性能と発電原価に関する研究

Study on plutonium consumption performance and generation cost of BWR using thorium fuel

*井上 徹也¹, 高木 直行¹
¹ 東京都市大学

Th 燃料を用いた熱炉は、U 燃料炉と比較し Pu の生成抑制が期待できる。本検討では、現行の軽水炉を対象とし、Th を母材とした MOX 燃料を装荷した際の燃焼特性、Pu 消費性能と発電原価に与える影響を評価した。

キーワード： Th-MOX 燃料, 発電コスト, 沸騰水型軽水炉, 燃料サイクル費用, トリウム利用原子炉

1. 諸言 余剰 Pu の有効利用法の一つとして、U を母材とする MOX 燃料(U-MOX)によるプルサーマル計画が進められている。しかし、U-MOX は炉内で Pu が消費されると同時に、母材の U から Pu が新たに生成される。これに対し、母材を Th に置き換えた MOX 燃料(Th-MOX)が利用可能であれば、炉内で新たに生成される Pu を抑制しつつ、効率的に Pu 燃焼を行えると期待できる。また Th 燃料を装荷した軽水炉は、通常の U 燃料炉と比較し、高い転換比を持つ傾向がある。この優れた転換性能により、長期間 fissile を維持しやすく、高燃焼度化が期待される。よって原子炉の経済性向上に繋がる可能性がある。本研究では、Th-MOX 燃料を用いる軽水炉の基礎的な炉心特性や、Pu 燃焼特性を明らかにし、その発電原価の評価を行った。

2. 評価方法 福島第二原子力発電所 4 号機の 9×9 燃料集合体仕様を基にした 1 集合体無限体系にて解析を行った。燃焼解析にはモンテカルロコード MVP3.0 及び MVP-BURN、核データライブラリに JENDL-4.0 を用い、4 バッチ炉心での燃焼計算を行った。

発電原価の算出は、2015 年に OECD が実施した発電原価の試算方法である均等化発電原価方式(Levelized Cost of Energy : LCOE)に準拠した^[2]。原子力発電では建設や廃炉などの費用の発生時期が大きく異なるため、現在価値への換算を行った。

検討ケースとして、現行の燃料である UO₂ 燃料のウラン濃縮度を 3.5%としたケース(I)、U-MOX 燃料の Pu 富化度を 6%としたケース(II)、Th-MOX 燃料の Pu 富化度を 5%としたケース(III)、同 10%のケース(IV)、同 15%のケース(V)、同 20%のケース(VI)の全 6 通りを設定した。

3. 結果・考察 Th-MOX の導入により、k-inf の初期値は低下し、燃焼に伴うその傾きは緩やかとなった(図 1)。これは Th-232 の吸収断面積が U-238 より大きく、fissile である U-233 への転換が活発なためと考えられる。この結果、燃焼日数が延長され、燃焼度が向上した。Pu 富化度 20%のケース(VI)では、燃焼日数が 2300 日、到達燃焼度は 57.5[GWd/t]となった。

Pu 消費量は、現行の U-MOX 燃料のケース(II)の 0.27 [kg/GWd]に対し、ケース(VI)では約 3 倍となる 0.79[kg/GWd]となった。

発電原価は、Pu 富化度増加に伴い、燃料費が減少することで低下する傾向となった(図 2)。ケース(VI)では、ケース(II)と比べ 1.4[円/kWh]燃料費が低減した。これは高燃焼度化により必要累積燃料量が減少したためである。

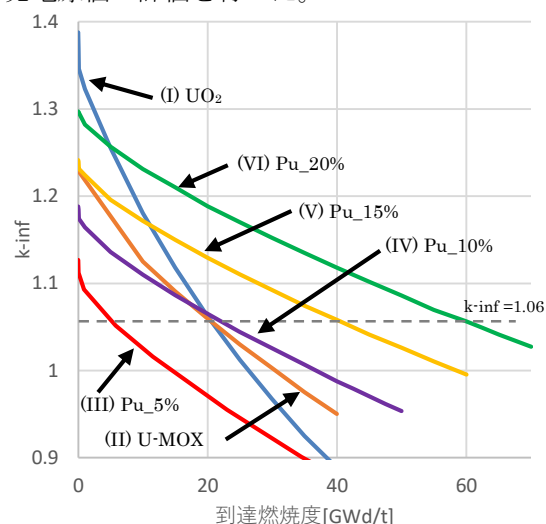


図 1 Th-MOX 燃料導入による到達燃焼度向上効果

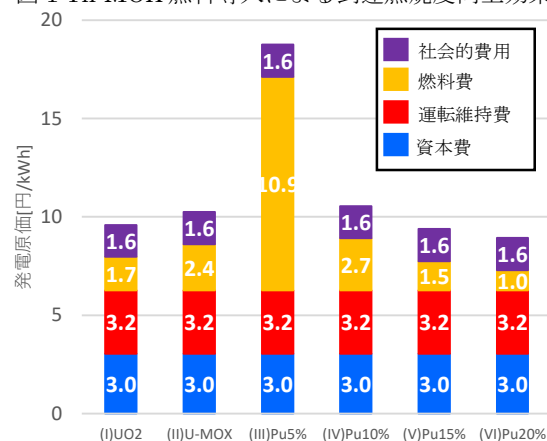


図 2 Th-MOX 燃料導入による発電コスト変化

参考文献

- [1] IAEA Nuclear Energy Series, “Role of Thorium Supplement Fuel Cycles of Future Nuclear Energy Systems”(2012)
 [2] OECD/NEA IEA, “Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition” (2015)

*Tetsuya Inoue¹, Naoyuki Takaki¹, ¹Tokyo City Univ.
 ※ 本検討は、中部電力からの受託研究で実施した。