軽水炉使用済燃料を原料とする塩化物塩高速増殖炉の成立性に関する検討

Feasibility study on chloride salt fast breeder reactor using spent fuel from light water reactor

*松前　信伍，高木　直行
東京都市大学

放射性廃棄物の処理処分やウラン資源の有効利用を目的に、軽水炉使用済み燃料を原料として消費しつつ、燃料増殖を行う塩化物塩高速増殖炉の成立性について核解析を行った。

Keywords：Chloride salt, Fast breeder, Molten salt reactor, Spent fuel, Fuel temperature coefficient

背景・目的

Gen-IV の炉型の 1 つである溶融塩炉（MSR）には、フッ化物塩熱中性子炉、塩化物塩高速炉、液体金属冷却塩化物塩高速炉など、多様な概念がある。本研究では Moltex 社の SSR(Stable Salt Reactor)を参考に燃料増殖性能を検討した先行研究 [1]と、Elysium Industry 社の MCSFR(Molten Chloride Salt Fast Reactor) [2]を参考に、軽水炉使用済み燃料中の重元素酸化物を塩化物へと転換して燃料として用いる溶融塩化物塩高速増殖炉（MCSFBR）の成立可能性を検討した。

解析方法

炉心は熱出力 3000MW、高さ 4m、直径 4m の円筒形状で、構造材には厚さ 0.2ｍの SUS316 を配置した(図 1)。断面積ライブラリには JFS-3-J4.0（JENDL4.0）、実効断面積作成に SLAROM を用い、CITATION にて 2 次元円筒体系（R-Z 体系）中性子拡散計算を行った。

計算結果・考察

図 2 に BOC 時の臨界性と増殖性の関係を示す。臨界確保には Pu 富化度＞約 25%、増殖成立には Pu 富化度＜約 17%とする必要があり、設定した基本炉心・燃料仕様では増殖炉としての設計点が存在しないことが分かった。そこで本検討では、燃料塩の低温度化により燃料密度を高めることで核的性能を向上する方策を試みた。

NaCl、UCl、PuCl からなる混合塩の凝固点を下回らない範囲で塩温度を低下させた際の核特性評価結果を図 3 に示す。Pu 富化度 20%では塩低温下により臨界は達したものの、転換比 CR<0.8 となった。低 Pu 富化度化で CR は改善したものの、臨界と増殖の同時達成点は見いだせなかった。

今後は、ブランケットの設置、Cl-37 同位体の濃縮度を高めた塩化物塩の使用、反射体材料変更などにより、MCSFBR の成立性検討を深めていく予定である。

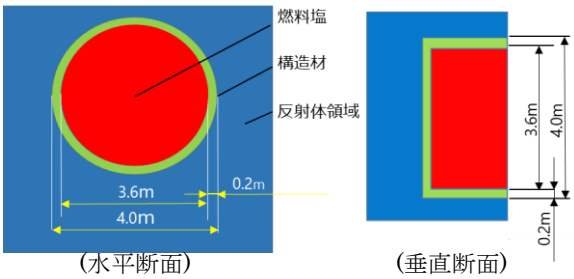

図 1　MCSFBR 炉心概略図

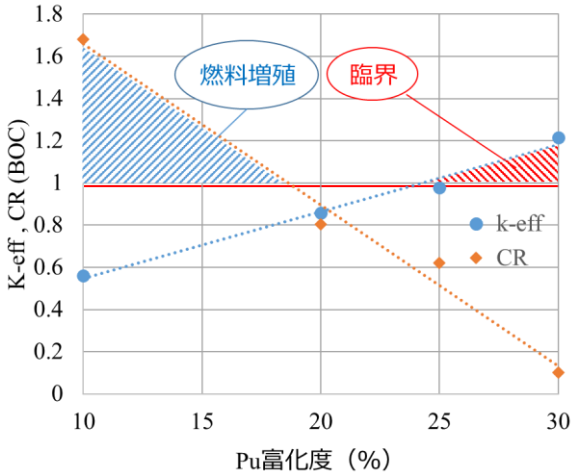

図 2　塩温度 1475K での臨界性と増殖性(BOC)

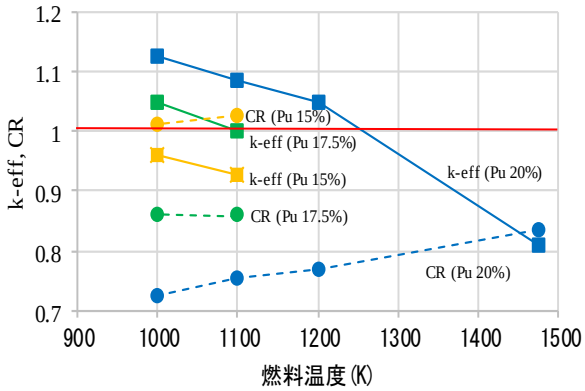

図 3　燃料温度低下時の臨界性と増殖性(BOC)

参考文献

[1] 飯田拓海，高木直行，“燃料ピン型溶融塩炉の増殖性能評価（2）炉心核特性”，日本原子力学会 2017 年秋の大会，2M19

[2] EDWARD PHEIL ”ELYSIUM INDUSTRIES Molten Chloride Salt Fast Reactor” Proc. of Thorium Energy Alliance Conference TEAC10, USA, (2019)

*Shingo Matsumae, Naoyuki Takaki
Tokyo City Univ.