

フッ化物溶融塩炉における長寿命核分裂生成物の燃焼解析

Burnup Analysis of Long-Lived Fission Products in a Fluoride Molten Salt Reactor

*藤倉 洪治¹, 相澤 直人¹

¹東北大学

本研究では、フッ化物溶融塩炉を対象とし、地層処分上の負担が大きい長寿命核分裂生成物(LLFP)に絞った燃焼解析を行い、効率的な核変換手法を検討することを目的とした。MSRE ベンチマークモデルをもとに作成した無限体系モデルで数値解析を行い、核変換用溶融塩の装荷による核変換について検討した。

キーワード：溶融塩炉，フッ化物，LLFP，燃焼解析

1. 緒言：溶融塩炉は運転中の燃料再処理・交換操作が可能といった利点があるため、原子炉単体での核燃料サイクルを実現できる可能性がある。本研究では、自ら生成した放射性核種を炉内で核変換することで放射性廃棄物の排出を低減できる溶融塩炉の設計を見据え、フッ化物溶融塩炉内での長寿命核分裂生成物(LLFP)の燃焼特性を調査し、効果的な核変換について検討することを目的とした。

2. 解析条件：熱出力 30MW 級の黒鉛減速・フッ化物溶融塩炉を想定し、実験炉 MSRE のベンチマークモデル[1]をもとに図 1 右の黒鉛ブロックを基本セルとする無限体系モデルを作成した。燃料塩流路の半径は 0.957cm、モデルの高さは 160cm とした。炉内で生成された LLFP を装荷した核変換用溶融塩を専用の流路に投入して核変換を行うことを想定し、図 2

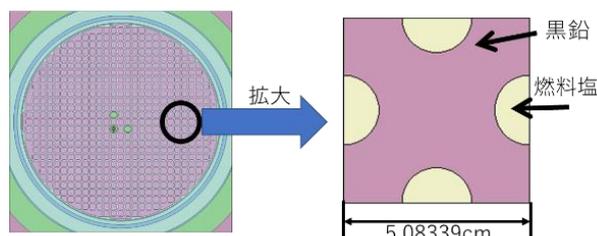


図 1:MSRE 炉心(左)の黒鉛ブロックをもとにした基本セル(右)

のように基本セル中央に核変換用流路を設け、LLFP がどの程度核変換されるか解析した。核変換用溶融塩は、燃料塩中のウランを同質量の LLFP 核種で置換したものとした。ここで、LLFP 核種の質量比は核変換用流路なしの条件で燃焼計算を実施した際の燃料塩中の生成量から決定した。溶解性 FP を約 10 日間のサイクルで取り除く運転を想定し[2]、燃焼期間は 10 日とした。計算コードに Serpent2[3]、断面積ライブラリに JENDL-4.0[4]を使用した。

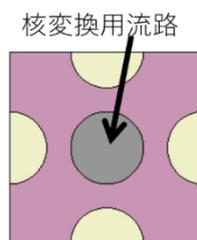


図 2:核変換用流路

3. 結果：基本セルの中央に半径 0.957cm の核変換用流路を導入して燃焼計算を実施したところ、核変換用流路内における LLFP の初期装荷量および核変換量は表 1 のようになった。核変換量は初期装荷量に対して非常に小さいため、この条件では LLFP の減容は厳しいことがわかった。流路を変えた解析等については発表にて説明する予定である。

表 1:基本セルにおける核変換量

核種	装荷量(mg)	核変換量(mg)
Se-79	120	0.080
Zr-93	1.97×10^4	1.0
Tc-99	1.25×10^4	9.0
Pd-107	545	0.19
Sn-126	243	0.00
I-129	1.75×10^3	0.50
Cs-135	1.33×10^4	2.0

参考文献：[1] International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments, NEA, (May. 2020) [2] O. Ashraf, et al., Ann. Nucl. Ene., 137, 107115, (2020) [3] J. Leppänen, et al., Ann. Nucl. Ene., 82, 142-150, (2015) [4] K. Shibata, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 48(1), 1-30, (2011)

*Koji Fujikura¹ and Naoto Aizawa¹

¹Tohoku Univ.