

軽水炉取り出しプルトニウムを初期炉心に用いた CANDLE 燃焼炉の熱流動解析

Thermal Hydraulic Analysis on CANDLE Burning Reactor with Initial Core

Using Plutonium from LWR Spent Fuel

*大里 洋輝¹, 西山 潤², 小原 徹²

¹ 東京工業大学大学院 環境社会理工学院 融合理工学系 原子核工学コース

² 東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所

軽水炉使用済燃料由来のプルトニウム燃料を初期炉心に用いた CANDLE 燃焼炉の熱流動解析を行い、除熱可能な炉心の設計条件を明らかにした。

キーワード：CANDLE 燃焼炉、初期炉心、軽水炉取り出しプルトニウム、熱流動解析、鉛ビスマス

1. 緒言

CANDLE 燃焼炉[1]は、初期炉心燃料には濃縮ウランまたはプルトニウムを必要とするが新燃料には天然ウランを使用でき、濃縮および再処理工程を必要としないウラン資源の高効率利用が実現できるワンズルー高速炉である。本研究の目的は、軽水炉使用済燃料由来のプルトニウムを初期炉心に用いた CANDLE 燃焼炉の熱流動解析を行い、除熱可能な CANDLE 燃焼炉の設計条件を見出すことである。

2. 方法

炉型は中性子の漏れが少ない大型高速炉とし、燃料は密度が大きい金属燃料を使用し、冷却材および反射体として炉内中性子スペクトルが硬くなる鉛ビスマス共晶合金を採用した。表 1 に炉心設計値を示す。原子炉起動用のプルトニウム割合 13 %の燃料を軸方向 205 ~ 245 cm 領域に装荷し、その他の領域は天然ウラン燃料とした。核計算には、格子燃焼計算に SRAC コード、全炉心燃焼計算に COREBN コード、断面積ライブラリに JENDL-4.0 を使用した。また、熱流動計算には、汎用物理シミュレーションソフトウェア COMSOL Multiphysics を使用した。熱出力密度が最も大きくなる初期炉心および定常運転時の平衡状態を解析の対象とした。

表 1：炉心設計値

炉心半径 [cm]	200
炉心高さ [cm]	250
反射体厚さ [cm]	100
燃料要素直径 [mm]	7.8
被覆管内径 [mm]	9.0
被覆管外径 [mm]	10.2
ピンピッチ [mm]	12.0
スミア密度 [%]	75
熱出力 [MWt]	3000

3. 結果

まず、炉心構成材料の制限値について示す。金属燃料(U-20Pu-10Zr)の融点が 1115 °C、ナトリウムボンドの沸点が 883 °C、被覆管 ODS の融点が 1482 °C、冷却材の鉛ビスマスの沸点が 1670 °C である。次に、図 1 に初期炉心での炉心入口冷却材流速が 1.5 m/s のときの各領域の軸方向温度分布を示す。このとき、各領域の最高温度は制限値以下となっており、表 1 に示した炉心設計での最もシビアな条件下である初期炉心において除熱が可能であることが明らかになった。また、平衡状態では、入口流速 1.0 m/s で除熱可能なことが明らかになった。

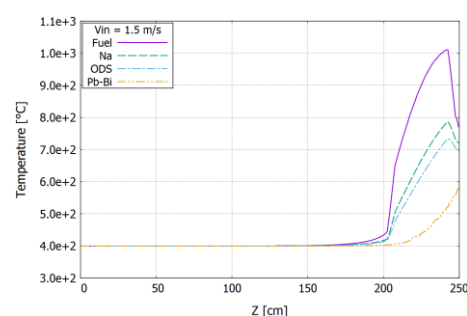


図 1：各領域の軸方向温度分布
(初期炉心、入口流速 1.5 m/s)

参考文献

[1] H. Sekimoto, K. Ryu and Y. Yoshimura, “CANDLE: The New Burnup Strategy”, Nucl. Sci. Eng., 139, 306-317(2001).

*OSATO Hiroki¹, NISHIYAMA Jun² and OBARA Toru²

¹Department of Nuclear Engineering, Tokyo Institute of Technology

²Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology