軽水炉取り出しプルトニウムを初期炉心に用いた CANDLE 燃焼炉に関する研究

Study 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理工学研究科原子核工学専攻，[2] 東京工業大学原子炉工学研究所

軽水炉使用済燃料由来のプルトニウム燃料を CANDLE 初期炉心に装荷し、運転期間中に実効増倍率が 1 を切らずに平衡状態に移行し、かつ装荷プルトニウム量が最小となる炉心の成立条件を明らかにした。

キーワード：CANDLE 燃焼炉，余剰プルトニウム、初期炉心、金属燃料、鉛ビスマス

1. 緒言

CANDLE 燃焼炉は燃料に天然ウランを使用でき濃縮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ススルー高速炉であるが、初期炉心は濃縮ウランまたはプルトニウムを用いて構築する必要がある。本研究の目的は、軽水炉使用済燃料由来の余剰プルトニウムを用いてより多くの CANDLE 炉を起動するため、使用するプルトニウム量が最小となる初期炉心構成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。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。初期炉心は炉心の軸方向上部にプルトニウム-ウラン燃料を装荷し、他の領域は天然ウラン燃料とした。また、プルトニウム-ウラン燃料の上部と反射体の間にも天然ウラン燃料を装荷した。

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

初期炉心のプルトニウム-ウラン燃料のプルトニウム割合、プルトニウム-ウラン燃料の厚さおよびプルトニウム-ウラン燃料上部と反射体との間の天然ウラン燃料の厚さの 3 つの変数を変化させ、運転中に原子炉が常に臨界となり、装荷プルトニウム量が最小となる条件を求めた。図 1 に運転期間中原子炉が臨界となる条件を示す。これにより、Pu Ratio: 13 %, Pu Thick.: 40 cm, Upper U Thick.: 5 cm のときに初期装荷プルトニウム量が最小の 4.4 t で運転中臨界とすることができることが明らかになった。また、初期反応度はプルトニウム割合が大きいほど大きく、最大反応度はプルトニウム割合が小さいほど大きい傾向があることが明らかになった。日本の保有する余剰プルトニウムはおよそ 209 t であるため、本プルトニウムで 47 基の CANDLE 炉を起動できることが明らかになった。

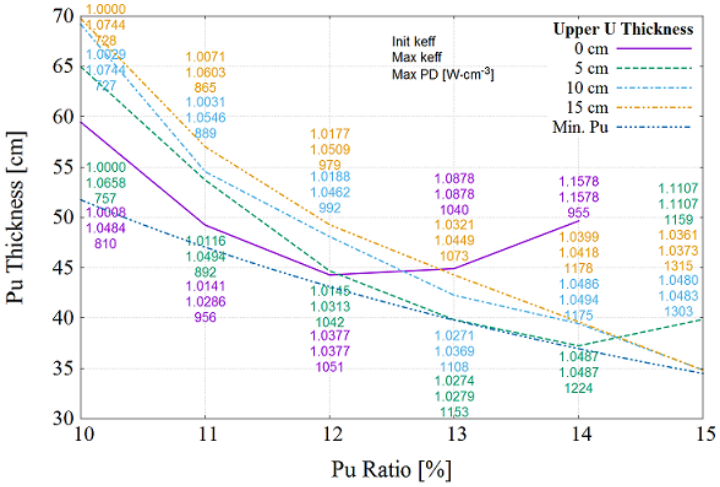

図 1：実効増倍率の最小値が 1 の等高線

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 Hiroki[1], NISHIYAMA Jun[2] and OBARA Toru[2]

[1]Tokyo Institute of Technology, [2]Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology