

## 低燃料コスト型金属燃料高中性子束高速実験炉の概念設計

Conceptual design of metallic-fueled high-flux fast irradiation reactor with low fuel cost

\*櫻井 祐希<sup>1</sup>, 木村 優斗<sup>1</sup>, 高木 直行<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京都市大学

金属燃料炉は酸化物燃料炉と比較してより高い転換比を得ることができ、照射炉としての性能を落とすことなく運転サイクルを延長できる可能性がある。本研究では、少量の核分裂性核種でも高い中性子束を持つ炉 LHFR (Long-life High-Flux Fast Reactor) の概念設計を行った。

キーワード: 高速炉, 金属燃料, 炉心設計, 高転換, 燃料費節約, 実験炉, 照射炉

### 1. 緒言

本検討では高速実験炉「常陽」の MK-IV 炉心を比較対象とし、常陽と同じ熱出力 100[MW<sub>th</sub>]にて年換算の中性子フルエンスを高めつつ、必要な核分裂性核種の量を低減する、次世代の低燃料コスト型長寿命高速実験炉 LHFR の炉心概念設計を行った。

### 2. 炉心仕様と解析方法

かつて JAEA にて検討された U-Pu-Zr 三元合金燃料を用いた長寿命小型高速炉<sup>[1]</sup>を参考に、各種炉心設計パラメータを調整し、高中性子束と高転換性能を達成する炉心仕様を検討した。燃料と被覆管の共晶反応を避けるため、最大線出力制限 (<500[W/cm]) を満たすよう、細径燃料を採用した。また炉心の出力ピーキング及び燃焼期間中の出力分布の変動を抑えるため、内外炉心のスミア密度(70-75%)及び Zr 含有比率(10-6%)を変化させ、領域ごとの燃料量を調整した。解析には中性子輸送計算モンテカルロコード MVP3.0 及び MVP-BURN<sup>[2]</sup>、核データライブラリには JENDL-4.0<sup>[3]</sup>を用いた。

### 3. 結果

炉心径軸方向中心の照射領域(Na ゾーン, V=36.5[cm<sup>3</sup>])での中性子束と稼働率から計算される年換算高速中性子フルエンスマップを図1に示す。常陽 MK-IV 炉心の年換算フルエンスは  $6.9 \times 10^{22}$  [n/cm<sup>2</sup>]であり、これを赤実線で示している。常陽 MK-IV 炉心と比較して、LHFR の中性子束は低いものの、サイクル長さが伸びたことで(長寿命型を除き)年換算フルエンスは向上した。

照射炉の性能指標として、核分裂性燃料累積装荷量/年換算フルエンスを定義した(図2)。LHFR ではこの値が常陽より小さく燃料節約型炉心となっている。

### 4. 結言

LHFR では、高速炉本来の優れた燃料転換性能を高めることにより、核分裂性燃料の内部自給率が改善され、補給燃料量を抑制しながら高フルエンスを達成した。

一方、サイクル長さ延長により、オンライン照射技術の開発、高燃焼度化に伴う材料腐食や大きな余剰反応度の制御など、新たな課題は生じる。また本検討では重金属密度2領域単一 Pu 富化度炉心のみを取り扱ったため、他の条件では更に性能を向上させる余地がある。

### 参考文献

- [1] 宇都成昭, 岡野靖 他, 小型高速炉の炉心・燃料設計研究(その 5)-平成 17 年度の研究成果まとめ-, JAEA-Research 2006-060, (2006).  
 [2] Y. Nagaya, K. Okumura, T. Sakurai and T. Mori, "MVP/GMVP Version 3 : General Purpose Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport Calculations Based on Continuous Energy and Multigroup Methods," JAEA-Data/Code 2016-018 (2017).  
 [3] K. Shibata, O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Iwamoto, A. Ichihara, S. Kunieda, S. Chiba, K. Furutaka, N. Otuka, T. Ohsawa, T. Murata, H. Matsunobu, A. Zukeran, S. Kamada, and J. Katakura: "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," J. Nucl. Sci. Technol. 48(1), 1-30 (2011).

\*Yuki Sakurai<sup>1</sup>, Yuto Kimura<sup>1</sup> and Naoyuki Takaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo City Univ.

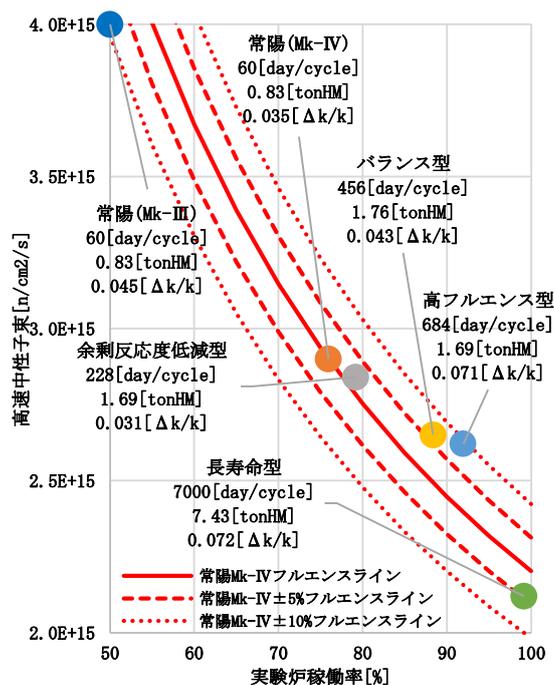


図1 LHFRの高速中性子フルエンスマップ

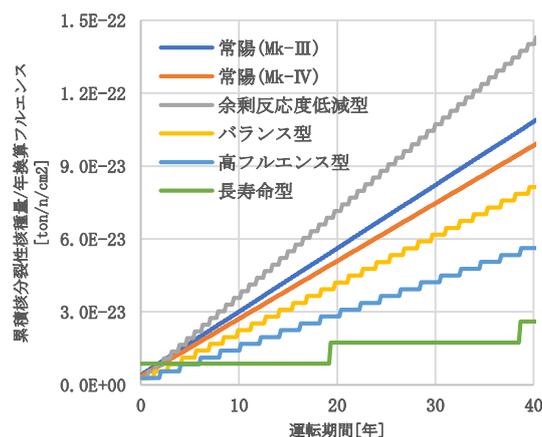


図2 フルエンス当りに要する核分裂性核種装荷量