

**固有安全性を有するガス冷却高速炉 KAMADO-FR2
超長寿命炉心(ULLC)の設計と LWR 使用済燃料の再利用**
Inherent Safety Fast Reactor Concept of KAMADO-FR2
Design of Ultra-long Life Core and Reuse of LWR Spent Fuels

*松村 哲夫¹、亀山 高範²
¹PowerM、²東海大

炭酸ガスを冷却材とし固有安全性を有する高速炉概念 KAMADO-FR2 に金属燃料(U-Pu-10Zr)を適用することで、Pu 富化度 8%で取出燃焼度 256MWd/kgHM(転換率 0.96)の超長寿命炉心(ULLC)を設計した。そのオプションとして、軽水炉使用済燃料をそのまま再利用し、炉心周辺に配置して5か年で29.8MWd/kgの追加燃焼が可能である^[1]。使用済燃料内のU・Pu資源を有効活用できる。

キーワード： 固有安全性、高速炉、ガス炉、超長寿命炉心(ULLC)、金属燃料、LWR 使用済燃料、再利用

1. 炉心・燃料集合体概念 KAMADO-FR2 の燃料集合体外寸はPWR17×17燃料集合体と同じとし、SUSで被覆された6mm厚×3.7m高の金属燃料板(22枚)で構成されている(図1)。燃料集合体中央に崩壊熱冷却管が設置され、管内を水蒸気が流れる。燃料集合体は3MPaのCO₂圧力容器に収納され、圧力容器は原子炉水プールに沈められている。金属燃料は運転中CO₂で冷却されるが、LOF時には燃料の崩壊熱は崩壊熱冷却管内の二相流により冷却され、固有の安全性を確保する。崩壊熱冷却管内の水/蒸気は圧力容器下部の水プールの水圧(2気圧程度)で受動的に流れる。CO₂の炉心出口温度は金属燃料の被覆管との液相形成温度(約923K)を考慮して673K(400°C)とする。燃料板はB₄Cで被覆され、燃料集合体水没時も負の反応度を担保する。

2. 超長寿命炉心 MVP 3.0^[2]およびMVPBURNを用いて、炉心周囲の中性子反射体を厚さ1mの黒鉛として、45EFPYで256MWd/kgHMの超長寿命炉心を設計した(図2)。U-10Zr燃料でも9%²³⁵U濃縮で227MWd/kgの燃焼度が達成できる。

3. LWR 使用済燃料の再利用 KAMADO-FR2 の燃料集合体外寸はPWR17×17燃料集合体と同じとしているため、使用済PWR燃料集合体をKAMADO-FR2炉心の周辺部に装荷し、そのまま再利用が可能である。運転中はCO₂で冷却され、LOF時には、炉心外側の冷却性能を有する黒鉛反射体で冷却される。KAMADO-FR2炉心は水没可能で、LWR使用済燃料も同一の原子炉水プールに入れて置けば、LWR使用済燃料の炉心への装荷・取出は容易となる(図3)。燃焼度45MWd/kgUの使用済燃料を炉心周囲に装荷した場合、5年で29.8MWd/kgUの追加燃焼が可能である。炉心への負の反応度効果は3%Δk/k以下と小さい。

4. まとめ 900MWeのKAMADO-FR2炉心は12.9tのPuと148tの劣化Uを使用し、燃料交換無しに45EFPY運転が可能である。KAMADO-FR2は既存のPu資源を有効に活用するとともに、U資源の有効活用にも寄与する。

[1] GLOBAL2024,3C-01-01, [2] JAEA-Data/Code 2016-019 (2016).

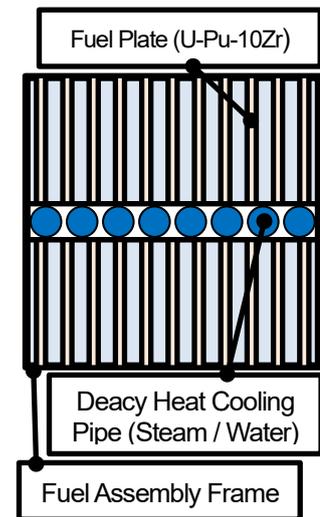


図1 燃料集合体概念(平面図)。

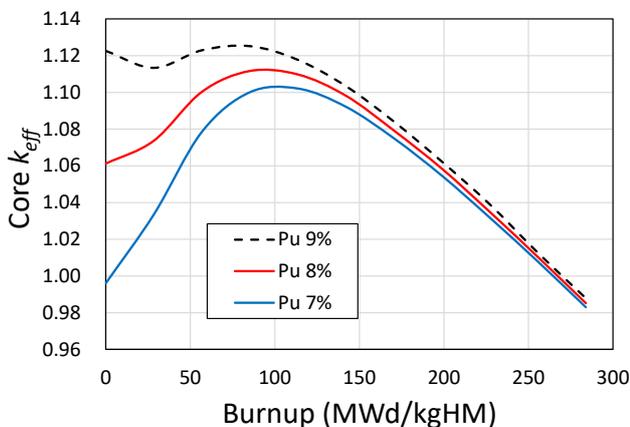


図2 炉心実効増倍係数(k_{eff})の燃焼度変化。

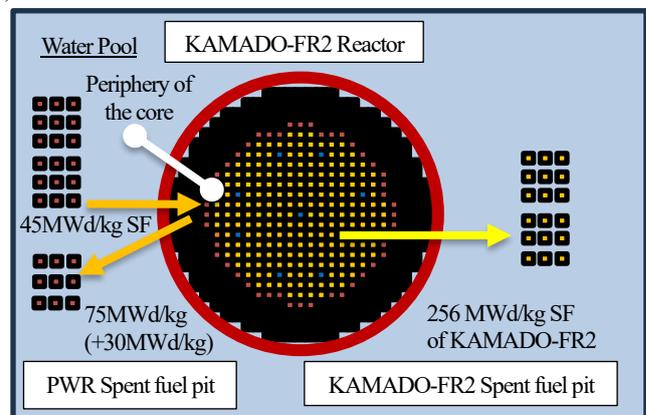


図3 LWR 使用済燃料の再利用の概要。

* Tetsuo MATSUMURA¹ and Takanori KAMEYAMA²

¹ PowerM, ² Tokai University