

固有安全性を有するガス冷却高速炉“Eco-KAMADO”の概念 -事故時の炉心浸水にともなう反応度変化-

An inherent safety gas-cooled fast reactor concept of “Eco-KAMADO”

Reactivity change due to core inundation on accident

*松村 哲夫¹、亀山 高範¹

¹東海大

不活性ガスを冷却材とし富化度 20%程度の MOX 燃料を用いた固有安全性を有する高速炉概念“Eco-KAMADO”を検討中である。チャンネルボックスを有する燃料集合体は大気圧の原子炉プール（ヒートシンク）内に設置され、LOCA/LOF 時には崩壊熱はチャンネルボックス(C-Box)表面から冷却される。核的な固有の安全性には燃料集合体の水没時にも負の反応度を得る必要があり、MVP3 を用いて燃料集合体の水没時の反応度変化を解析した。

キーワード：固有安全性、高速炉、ガス炉、炉心反応度、水没時

1. 炉心概念 MOX 燃料棒は図 1①に示すように C-Box に直接接触している。MOX 燃料棒で構成された燃料集合体（表 1）は大気圧の原子炉プールに設置される（図 2）。炉心の周囲は中性子反射体である黒鉛(0.3m)で囲われている。ブランケット燃料は使用していない。運転時の燃料の発熱は C-Box 内の CO₂ ガスで冷却され、C-Box 間の水ギャップは燃料に加熱され蒸気になる。LOCA/LOF 時にはこの水ギャップは再冠水し水・蒸気の二相流となる。燃料の崩壊熱はこの二相流で冷却されヒートシンクである原子炉プールに伝えられる。これにより動的な装置・機器を不要とする熱的な固有の安全性が達成できる¹⁻³⁾。

2. 核的な固有の安全性 本概念ではガス配管が破損した場合、燃料集合体が水没する可能性がある。このため、水没時の炉心の反応度変化を解析した。燃料温度上昇時の冷却材の密度変化による反応度の影響は小さく、燃料のドップラー効果による負の反応度変化が得られるため、水没時の炉心の反応度変化を負にできれば、核的な固有の安全性が達成できる。

3. 水没時の反応度変化の解析 連続エネルギー法モンテカルロ法コード(MVP3)⁴⁾を用いて水没割合依存の燃料集合体の無限増倍係数(k_{∞})を解析した。運転時(燃料平均温度:900K)と比べ水没時(300K)には反応度は低下する(図 1)。水素/重金属数密度比(H/HM)が 4 程度で最適減速条件になることが示された。一方、炉心の実効増倍係数(k_{eff})は、燃料集合体からの中性子漏洩が水没時には大きく減少するため、局所的な燃料集合体の水没時の炉心全体の増倍係数も評価する必要がある。

[参考文献] 1) ICAPP, 9370, Tokyo, Japan (2009). 2) IAEA-TECDOC-1485 (2006). 3) IAEA Advanced Reactors Information Systems (ARIS), <https://aris.iaea.org/>. 4) JAEA-Data/Code 2016-019.

表 1 燃料の諸元

Items	Values
Fuel Pellet	MOX
Pu enrichment	20%
Pellet Diameter	10 mm
Fuel Cladding	316FR
Cladding Outer Diameter	10.6 mm
Channel Box Width	74.8 mm
Number of Fuel Assemblies	1412

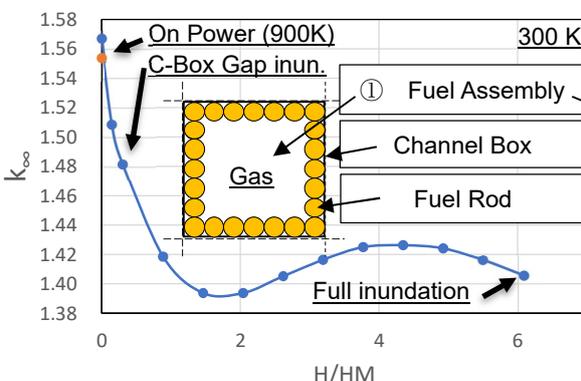


図 1 水没時の燃料集合体の無限増倍係数

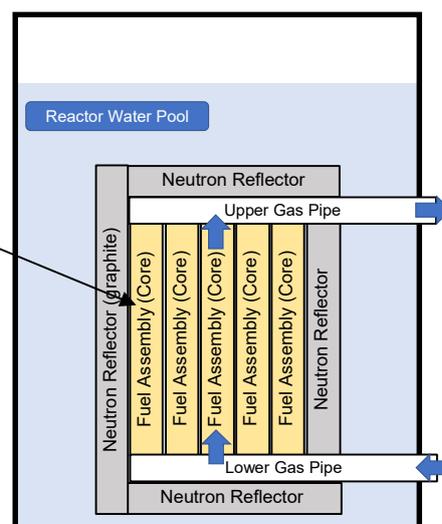


図 2 Eco-KAMADO の概念

* Tetsuo MATSUMURA¹ and Takanori KAMEYAMA¹

¹Tokai University