高速炉を活用した LLFP 核変換システムの研究開発
（5）LLFP ターゲットの熱的健全性評価

Research and development of an innovative transmutation system of LLFP by fast reactors

(5) Thermal integrity evaluation of LLFP targets

*望月　弘保[1]，千葉　敏[1]

[1] 東京工業大学

「もんじゅ」相当の高速炉で各種 LLFP を核変換する場合のターゲット健全性に関して RELAP5-3D を用いて評価した。最も熱的に厳しくなる ^{129}I ピンの健全性と炉心全体の健全性に関して評価している

キーワード：LLFP 核変換，高速炉，ターゲットピン，熱的健全性，RELAP5-3D

1. 緒言： 本プロジェクトにおいては、LLFP4 核種（^{79}Se, ^{99}Tc, ^{107}Pd, ^{129}I）を「もんじゅ」並みの高速炉炉心のブランケット第 1 列（炉心中心を 0 列として第 9 列目：リング 9）に配置し、すべての核種のサポートファクター(SF)が 1 を超える炉心配置を研究してきた。SF が 1 以上で、増殖も可能とする炉心として、3 種類の炉心で照射することが最適との結論に至った。その中で、^{129}I の核変換を効率的に行うために、60YH_2-40BaI_2 のように水素での減速を行うと、隣接の燃料集合体にサーマルスパイクが発生する問題があり、本研究では ^{129}I ピンの周囲に ^{99}Tc 単体で構成されるピンを配置して影響を抑える集合体としている。

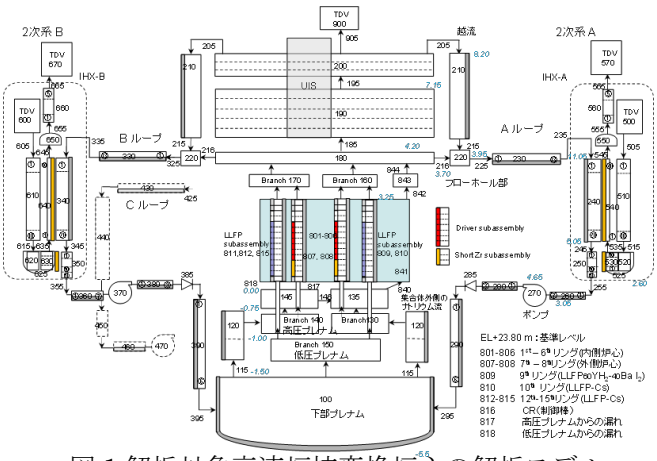

図 1 解析対象高速炉核変換炉心の解析モデル

2. 解析モデルと検証: 「もんじゅ」相当の高速炉 3 ループ全体を RELAP5-3D でモデル化し（図 1）、流動伝熱を正しく評価している事を検証するために、「もんじゅ」で行われた 45%熱出力時の計測結果[1]を用いた。この結果が正しく再現されていることを確認し(図 2)、できる限り多くの ^{93}Zr 消滅を可能にするため駆動炉心下部に 61 ピンの ^{93}Zr 短尺集合体を配置し、第 9 列の 61 ピン集合体に 60YH_2-40BaI_2 を 37 本と外周に ^{99}Tc を 24 本配置した集合体を設けている。外側には炉心最外層まで Cs_2CO_3 (^{135}Cs)を装荷している。

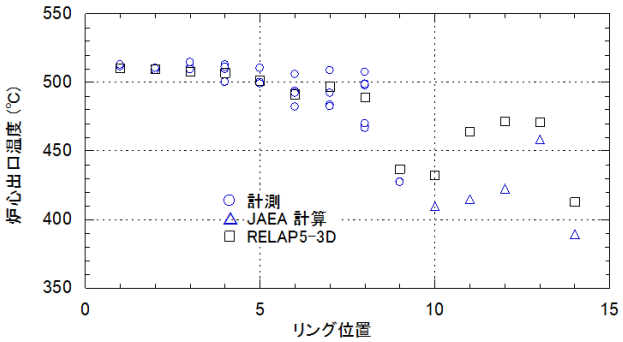

図 2 もんじゅ試験時の炉心出口温度と解析結果

3. 解析結果： 径ブランケット部に LLFP を装荷することで燃料部の出力が少し増加するが、被覆管の温度は制限値範囲になる。^{129}I のピンからは核変換に伴って熱伝導率の低い Xe がギャップに放出され、コンダクタンスを低下させる。初期出力誤差と各種ピーキングを考慮して評価すると、^{129}I 要素中心温度を制限値以内に保つため、初期に He 圧力を 2MPa と高くする必要がある。ペレットに中心空孔を最大で 1.8mm 設けることで、より制限温度に余裕のある照射を行うことができる結果となる。

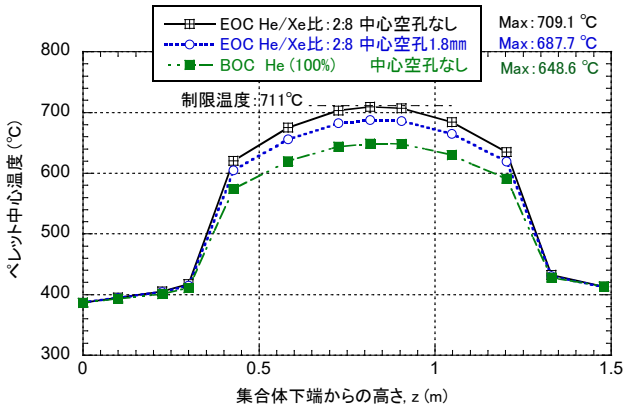

図 3 出力誤差を考慮した YH_2-BaI_2 ピンの中心温度

4. 結論:3 種類の高速炉心を用いることで、^{79}Se, ^{99}Tc, ^{107}Pd, ^{129}I の他に、^{93}Zr と ^{135}Cs の 6 核種を温度制限条件以内で照射できると結論できる。

参考文献：[1] IAEA-TECDOC-1754.

*MOCHIZUKI Hiroyasu[1], CHIBA Satoshi[1]

[1]Tokyo Institute of Technology.