

# 照射後試験解析の不確かさが臨界性評価に与える影響評価

Impact of the uncertainty of the PIE analysis on the criticality analysis

\*多田 健一<sup>1</sup>、須山 賢也<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構

東京電力福島第一原子力発電所事故で生じた燃料デブリの臨界性評価の不確かさ推定のため、照射後試験(PIE)の各核種の測定値と計算値の差異(不確かさ)が実効増倍率に与える影響について評価した。その結果、PIE解析の不確かさが無限ピンセル体系の実効増倍率に与える影響は3%Δk/k以下であることが分かった。

**キーワード** : SWAT4.0、MVP、ORIGEN2、BWR、照射後試験、2F2DN23、燃料デブリ、臨界性評価

## 1. 緒言

JAEAでは、MVPとORIGEN2を組み合わせた燃焼計算コードSWAT4.0を用いた照射後試験解析を進めており、BWR炉心体系、PWR炉心体系共に高い精度で核種生成量を評価できることを確認した[1-2]。そこで本研究では、BWR炉心(福島第二原子力発電所2号機)を対象とした2F2DN23でのPIE解析において、各核種の生成量の不確かさが無限ピンセル体系の実効増倍率に与える影響を評価した。

## 2. 計算体系及び計算条件

計算体系は2F2DN23燃料集合体の燃料棒と同じサイズの燃料ピンをH/U比が集合体体系と同じになるようにピンピッチを調整した無限ピンセル体系である。本体系において、全核種の原子数密度を測定値とした場合と、各核種をSWAT4.0の解析値とした場合とで実効増倍率を比較した。なお、ピンセル体系の計算にはMVP-2.0を、核データライブラリにはJENDL-4.0を用いた。

## 3. 解析結果及び考察

表1に計算結果を示す。核分裂性核種の生成量の差異が実効増倍率に与える影響は最大で1.5%Δk/kであるが、FPについては燃焼度クレジットにおいて考慮して良いとされる<sup>151</sup>Smや<sup>149</sup>Smでも0.1~0.2%Δk/k程度である。最新の計算コードを使用する場合、使用済燃料と類似性の高いMOX燃料においても、臨界安全ハンドブックで定義される臨界と判断される中性子増倍率 $k_c$ はほぼ1.0である。一方、未臨界と判断して良い中性子増倍率である推定臨界下限増倍率 $k_L$ はその定義上の最大値0.98であり、臨界計算システムの不確かさは約2%Δk/kである。現在の臨界安全性評価では、 $k_L$ にさらなる安全裕度Δ $k_s$ (3%Δk/k)を考慮した0.95を未臨界判定基準(最大許容増倍率 $k_a$ )として採用している。燃焼計算の不確かさに起因した実効増倍率の不確かさが3%Δk/k以下であれば、中性子増倍率が0.95以下で未臨界であるという従来の未臨界判定基準を適用出来ることが期待できる。表1より、2D2DN23における燃焼計算の不確かさが実効増倍率に与える影響は最大でも2.1%Δk/kであり、この条件を満たしていることが分かった。燃焼度クレジットを考慮した臨界安全評価を行う場合には、核種組成の不確かさに伴う反応度効果を確認すると共に、その反応度効果の不確かさを取り入れた臨界安全評価の考え方を整理・構築することが求められる。

**参考文献** [1] 菊地、多田ら、原子力学会2016年春の年会2014、[2] 山本ら、JAEA-Technology2015-019(2015)

\*Kenichi Tada<sup>1</sup> JAEA

表1 各核種の原子数密度を測定値から解析値に変更した場合の実効増倍率の差異

		SF99-2	SF99-3	SF99-4	SF99-5	SF99-6	SF99-7	SF99-8	SF99-9	
$k_{\text{eff}}$	base	1.23021	1.08991	1.08114	1.07787	1.20595	1.18318	1.25271	1.29049	
$1\sigma$		0.005%	0.006%	0.006%	0.006%	0.006%	0.006%	0.006%	0.005%	
相対差異:(k-k)/k	<sup>235</sup> U	<u>0.55%</u>	<u>0.29%</u>	<u>1.48%</u>	<u>0.43%</u>	<u>0.25%</u>	0.04%	<u>0.32%</u>	<u>0.37%</u>	
	<sup>238</sup> U	-0.01%	0.00%	0.03%	0.02%	-0.02%	-0.02%	0.00%	0.01%	
	<sup>237</sup> Np	0.02%	0.07%	0.02%	0.08%	0.04%	0.07%	0.04%	0.03%	
	<sup>238</sup> Pu	-0.03%	-0.02%	-0.02%	-0.05%	-0.01%	-0.03%	-0.01%	0.00%	
	<sup>239</sup> Pu	<u>-0.17%</u>	<u>-0.21%</u>	<u>0.82%</u>	<u>0.33%</u>	<u>-0.34%</u>	<u>-0.77%</u>	<u>-0.28%</u>	<u>0.19%</u>	
	<sup>240</sup> Pu	-0.01%	0.05%	-0.01%	0.05%	0.08%	<u>0.11%</u>	0.04%	-0.07%	
	<sup>241</sup> Pu	<u>-0.13%</u>	<u>-0.15%</u>	0.08%	-0.02%	<u>-0.22%</u>	<u>-0.33%</u>	<u>-0.12%</u>	0.04%	
	<sup>241</sup> Am	-0.03%	0.03%	0.01%	0.04%	-0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	
	<sup>134</sup> Cs	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	
	<sup>137</sup> Cs	-0.03%	-0.01%	0.02%	0.01%	0.00%	-0.01%	0.00%	0.00%	
	<sup>154</sup> Eu	-0.06%	-0.07%	<u>-0.10%</u>	-0.09%	-0.06%	-0.06%	-0.04%	-0.03%	
	<sup>149</sup> Sm		<u>0.10%</u>		0.01%		<u>0.18%</u>	<u>0.13%</u>	0.08%	
	<sup>151</sup> Sm		0.08%		0.08%		<u>0.11%</u>	0.07%	0.02%	
	<sup>152</sup> Sm		0.00%		0.04%		0.00%	0.01%	0.01%	
	All		<u>0.24%</u>	<u>0.18%</u>	<u>2.14%</u>	<u>0.76%</u>	<u>-0.24%</u>	<u>-0.60%</u>	<u>0.20%</u>	<u>0.63%</u>