

## 使用済燃料の貯蔵プール内での実効増倍率の推定法

- 高エネルギー 線/全中性子発生率比を用いた手法 -

### 背景

使用済燃料集合体の増加に伴い、燃料プールの貯蔵容量の増量が望まれている。そのためには、臨界安全の観点から燃料プールの実効増倍率  $k_{eff}$  を正確に把握することが必要である。現状では、燃料集合体の燃焼履歴を考慮した計算解析により、燃料プールの  $k_{eff}$  が評価されているが、計算評価の高精度化のためには  $k_{eff}$  を実測で得ることが望ましい。しかし未臨界度( $1-k_{eff}$ )を実測値のみから高精度で確認する手法は無い。

### 目的

使用済燃料を貯蔵するプールの未臨界度の確認に有用な、未臨界度と実測できる可能性のある物理量との関係を見出す。

### 主な成果

(1) 使用済 UOX、MOX 燃料集合体をプールに貯蔵した未臨界体系(図 1)では、線と中性子が放射性崩壊と連鎖反応で発生することに注目すると、線と全中性子の発生率比( $g/n$ ) と  $k_{eff}$  が、放射性崩壊での発生率比( $g/n$ )<sub>prim</sub>、連鎖反応での発生率比( $g/n$ )<sub>2nd</sub> を用い、

$$\left(\frac{g}{n}\right) = \left(\frac{g}{n}\right)_{prim} (1 - k_{eff}) + \left(\frac{g}{n}\right)_{2nd} k_{eff} \quad (1)$$

という近似関係になることを理論的に導出した。

(2) PWR 使用済燃料を貯蔵したプールの  $k_{eff}$  を連続エネルギーモンテカルロ法で数値計算した。また貯蔵プール内での中性子と線の発生率を燃焼計算コードと、中性子-光子結合輸送計算コードで求めた。エネルギー4MeV 以上の線に着目すると、線の主要な発生源が燃料棒での核分裂反応に限定されるため、( $g/n$ )<sub>2nd</sub> の  $k_{eff}$  による変化は小さくなり、(1)式による( $g/n$ )と  $k_{eff}$  の線形関係が成立することがわかった(図 2)。

(3) 高燃焼度燃料では放射性崩壊での中性子、線発生源が  $^{244}\text{Cm}$  で占められる。このため( $g/n$ )<sub>prim</sub> は燃焼度 30MWd/kgU 以上の UOX 燃料集合体、15MWd/kgHM 以上の MOX 燃料集合体で一定値化する(図 3)。一方連鎖反応では、中性子、線発生率に対する各核種からの発生率の割合は燃焼度により変化するが、上記の燃焼度範囲では( $g/n$ )<sub>2nd</sub> の変化が小さい(<5.3%)ことがわかった(図 3)。この燃焼度範囲では、燃料集

合体の燃焼度が正確に得られない場合でも、(g/n)から(1)式の線形関係を用いて  $k_{eff}$  を推定できる。

以上より、高燃焼度燃料集合体に対し本  $k_{eff}$  推定法が適用できる可能性が示された。

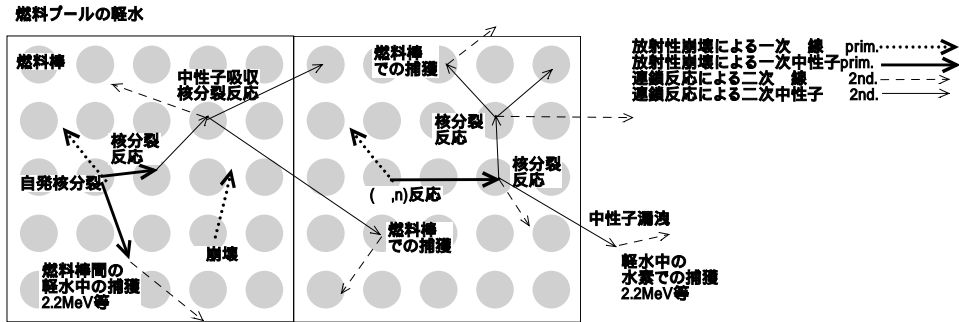


図1 プール中に貯蔵された燃料集合体での放射性崩壊及び連鎖反応による一次、二次中性子、線発生

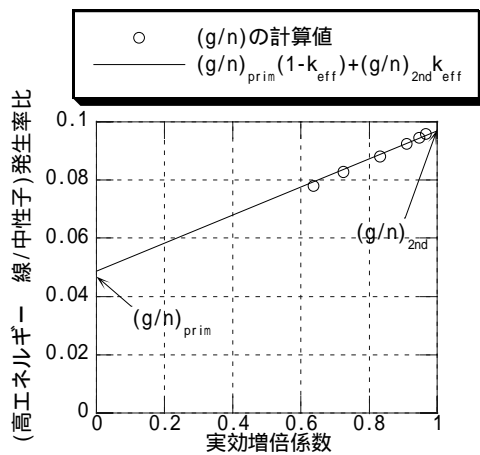


図2 燃焼度 55Mwd/kgU の UOX 燃料集合体を収めた燃料プールで (高エネルギー線/中性子) 発生率比と  $k_{eff}$  の関係

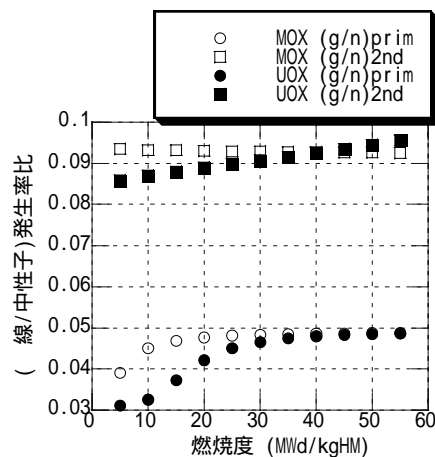


図3 UOX、MOX 燃料集合体での放射性崩壊での(高エネルギー線/中性子)発生率比  $(g/n)_{prim}$  と連鎖反応での発生率比  $(g/n)_{2nd}$  の燃焼度依存性

研究報告 T03063	キーワード：未臨界、実効増倍率、使用済燃料集合体、線/中性子発生率比、線形関係
関連研究報告書	
担当者	名内 泰志 ( 狛江研究所・原子カシステム部 )
連絡先	(財)電力中央研究所 狛江研究所 事務部 研究管理担当 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : ko-rr-ml@criepi.denken.or.jp