

1. 緒言 燃焼計算においては計算精度の観点から燃料中で起こりうる核種の変化を網羅する詳細な燃焼チェーンを用いることが望ましいが、一方で多数の核種を扱うためにはそれぞれの核種の実効断面積を計算するなどの処理が必要となるため、計算コストが増大してしまう。また、核計算や被ばく評価等に対して大きな影響を与えない核種も多いことから、解析にあたっては重要となる核種を選別し、最適(簡略)化されたチェーンを用いるのが好ましい。本研究では、着目する核種の生成量に対する親核種の寄与を評価することで、着目核種の個数密度計算の上で取り扱うべき核種を選別する手法について検討する。

2. 簡略化手法 燃焼行列の非対角項は、上流側(親)核種からの生成に関する項であるため、親核種からの生成量割合を表す寄与行列 \mathbf{P} は(1)式で与えられる。放射平衡が成り立つ場合、核種 a に対する核種 b からの生成量割合が x 、核種 b に対する核種 c からの生成量割合が y であるとする、核種 a に対する核種 c からの生成量割合は xy と見積もることができる。 n 個上流の核種からの生成量への寄与は(1)式で求められる寄与行列 \mathbf{P} を n 乗して(2)式で与えられる。すべての上流側核種を網羅するように十分大きな n までを考慮し、各 n について \mathbf{Q}_n を評価して寄与の大きい核種から順に着目核種群からなるチェーンに追加することで簡略化チェーンを導出する。

3. 計算条件 計算体系は PWR ピンセル体系 UO_2 燃料(4.1wt%)とし、着目核種は表1の核種とした¹⁾。228核種からなる詳細燃焼チェーンにおいて、燃焼に伴う炉心出力の変化および中性子スペクトルの変化を考慮

せず、燃焼行列を一定として400日燃焼させた結果を用いて \mathbf{Q}_n を評価し、着目核種のうち少なくとも1種類の核種に対して寄与が 10^{-k} で与えられるしきい値(寄与下限値)より大きい核種を表1の核種からなるチェーンに追加した簡略化チェーンを作成した。比較計算は寄与計算条件と同じ条件で行った。

4. 結果・考察 しきい値(寄与下限値)と着目核種の個数密度の最大相対誤差を図1に示す。図1から追加核種の寄与の下限値が10分の1となるごとに最大相対誤差もおおよそ10分の1となっていることがわかる。したがって、本手法を用いることで目標精度を達成する簡略化チェーンを効率よく導出することが分かった。なお、本手法は、放射平衡を仮定しているため、初期インベントリの大きい核種から直接生成される核種に対しては、上記の線形関係が見られなかった。今後の課題として、本手法の適用限界に関する検討を行うことがあげられる。

参考文献

- 1) 梶原孝則, 辻雅司, 千葉豪, 奈良林直, 大岡靖典, 牛尾直氏, “特異値分解法による簡易燃焼チェーン自動作成ツールの開発”, 日本原子力学会 2013 年秋の大会予稿集, 八戸, 日本, 2013 年 9 月 3-5 日, (2013). [CD-ROM].

発表実績 : 方野ら, 日本原子力学会第 45 回中部支部研究発表会, R18, 2013 年 12 月

論文投稿 : R.Katano, T.Endo, A. Yamamoto, GENERATION OF SIMPLIFIED BURNUP CHAIN USING

$$\mathbf{P} = [\text{Diag}\{(\mathbf{A} - \mathbf{D})\mathbf{N}\}]^{-1} (\mathbf{A} - \mathbf{D}) \text{Diag}(\mathbf{N}) \quad (1)$$

$$\mathbf{Q}_n = \mathbf{P}^n \quad (2)$$

表1 着目核種

Rh-103	Sm-147	Gd-155	Pu-238
Rh-105	Sm-149	Gd-156	Pu-239
I-135	Sm-150	Gd-157	Pu-240
Xe-135	Sm-151	U-234	Pu-241
Nd-143	Sm-152	U-235	Pu-242
Pm-147	Eu-153	U-236	Am-241
Pm-148	Eu-154	U-238	Am-242M
Pm-148M	Eu-155	Np-237	Am-243
Pm-149	Gd-154	Np-239	Cm-242

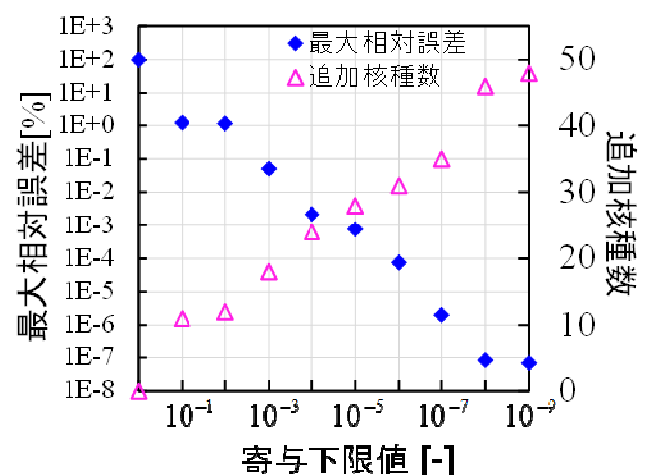


図1 寄与下限値と最大相対誤差