

燃焼計算のための最適重み付け予測子・修正子法の改良

Improvement of Optimally-Weighted Predictor-Corrector Method for Nuclear Fuel Burnup Calculations

*流石淳平¹, 千葉豪¹, 大岡靖典², 山本健士², 長野浩明²

¹北海道大学,²原子燃料工業

本検討では、奥村らにより提案された最適重み付け予測子・修正子法(OWPC法)を改良した新たな計算手法を提案する。

キーワード：可燃性毒物、燃焼計算、予測子・修正子法

1. 背景 可燃性毒物が含まれる体系に対する燃焼計算を行う際には予測子・修正子法(Predictor-Corrector法、PC法)が広く使われている。PC法により燃焼ステップの離散化誤差を効率的に低減できるが、更なる誤差低減のため、重み付けPC法(WPC法)と最適重み付けPC法(OWPC法)が奥村らにより提案された[1]。本研究ではOWPC法の最適重みの決め方について新たなアルゴリズムを提案する。

2. 解析手法 可燃性毒物であるガドリニウムを含む体系に対して、PC法を用いて燃焼計算を行うと計算精度が向上する。しかし、ガドリニウムの数密度変化は中性子吸収による効果が支配的であり、短時間での急激な数密度変化や中性子吸収断面積と数密度が特徴的な関係であることよりPC法では低減できない系統的な誤差が生じる。WPC法は重みパラメータ ω を用いることでPC法を用いた時に生じる誤差を低減させる方法である。WPC法では ω を用いて、式(1)からステップ終点の数密度 N を得る。

$$N = N_0 \exp[-\{R_p(1 - \omega) + R_c\omega\}\Delta t] \quad (1)$$

ここで、 N_0 はステップ始点の数密度、 R_p はPredictor計算で用いた反応率、 R_c はCorrector計算で用いた反応率、 Δt はステップ時間幅である。WPC法ではPC法より高精度な解を求めることができるが、 ω はユーザーが任意に決定しなければならない。改良されたOWPC法では、 ω を自動的に決めるため、数密度変化が中性子吸収の影響のみを受ける簡易モデルを設定する。モデル核種の数密度と中性子吸収反応率の間には負の相関があり[2]、その関係性を線形とみなすことで、モデル核種の時間ステップ終点での厳密解を数値計算により得ることができる。得られた厳密解を用いて適切な ω を決定し、WPC法に適用することによりステップ終点の数密度を計算する。

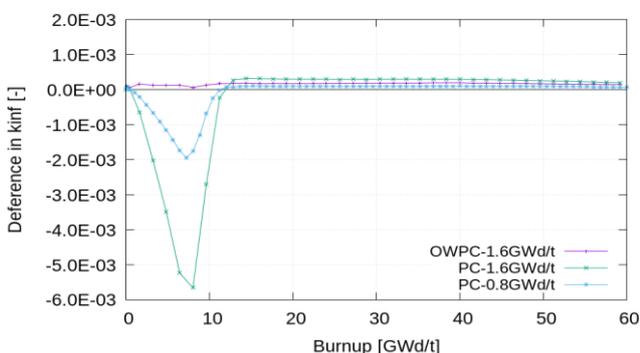


図 1 中性子無限増倍率の参照解との誤差

3. 解析結果 検証計算はガドリニウム燃料棒を含むPWR燃焼集合体体系に対して行った。参照解はステップ幅0.055GWd/tのPC法で取得し、無限増倍率 k_{inf} の燃焼特性を比較した。結果を図1に示す。OWPC法は、PC法を用いた場合と比較して計算精度が大幅に向上した。また、ガドリニウム濃度10%、8%、6%、4%のいずれの場合においてもOWPC法の計算精度が保証されることも確認した。

参考文献 [1] S.Okumura, G.Chiba, *RPHA2017, Proc. of Reactor Physics Asia 2017*.

[2] A.Yamamoto, M.Tatsumi, N.Sugimura, *Nucl. Sci. Eng.*, 163, pp.144-151 (2009)

*Jumpei Sasuga¹, Go Chiba¹, Yasunori Ohoka², Kento Yamamoto², Hiroaki Nagano²

¹Hokkaido Univ., ²NFI