

燃焼計算のための最適重み付け予測子・修正子法の改良(3)

Improvement of Optimally-Weighted Predictor-Corrector Method for Nuclear Fuel Burnup Calculations(3)

*流石淳平¹, 千葉豪¹, 大岡靖典^{2,3}, 小玉泰寛², 山本健土², 長野浩明²

¹北海道大学,²原子燃料工業,³現所属：原子力規制庁

本稿では、近年開発に取り組んでいる最適重み付け予測子・修正子(OWPC)法に関する追加検討の報告を行う。

キーワード：可燃性毒物、燃焼計算、予測子・修正子法

1. 背景 可燃性毒物を含む燃料体系に対する燃焼計算の計算速度と計算精度を両立させる手法として、粗い燃焼ステップ設定で高精度に計算可能な OWPC 法の開発に取り組んでいる[1][2]。前回の春の年会では、Gd-155 の原子数密度と対象核種の反応率の相関を利用する手法を報告した[2]。しかし、報告手法では燃焼ステップが粗い場合には計算精度に課題があった。そこで、本稿では Predictor 計算の結果に対して補正を行い計算精度の向上を図る検討について報告する。

2. Predictor 計算の誤差 OWPC 法では Gd-155 の原子数密度が可燃性毒物の微視的中性子捕獲反応率と負の相関があることに着目し、相関式を作成する。相関式を作成する際には PC 法により得られるパラメータ (N_0, R_p) 及び (N_p, R_c) (N_0, N_p : ステップ初期, 及び Predictor 計算で得られる原子数密度, R_p, R_c : Predictor, 及び Corrector 計算の反応率) を使用する。これまでの検討では、上記パラメータが、詳細な燃焼ステップで燃焼計算を行った際に得られる相関曲線に従うことを前提としていた。しかし、図 1 に示すように、(N_p, R_c) が相関曲線から逸脱する場合がある。この逸脱に関し、本検討では、Predictor 計算で得られる燃料領域内の原子数密度分布が誤差を含むことに起因していると考えた。すなわち、 N_p を求める際に陽解法を用いていることを考慮すると、Predictor 計算で得られる燃料領域内の原子数密度分布は、詳細な燃焼ステップで燃焼計算を行った場合の原子数密度分布からは大きく乖離しており、その結果、(N_p, R_c) が相関曲線から逸脱すると考えた。そこで、本検討では、(N_p, R_c) の補正方法の提案とそれを取り入れた OWPC 法の検証を行った。

3. 結果 検証計算はガドリニア入り燃料棒を含む 3×3 マルチセル体系に対して行った。参照解はステップ幅 0.01GWd/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。図 2 に検証結果を示す。図 2 から、補正を行うことで燃焼ステップ幅が大きい場合でも良好な計算精度が保証されることが確認出来る。

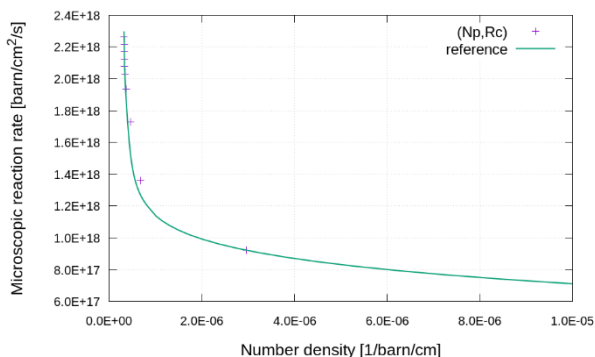


図 1 Gd-155 の原子数密度と微視的反応率の関係

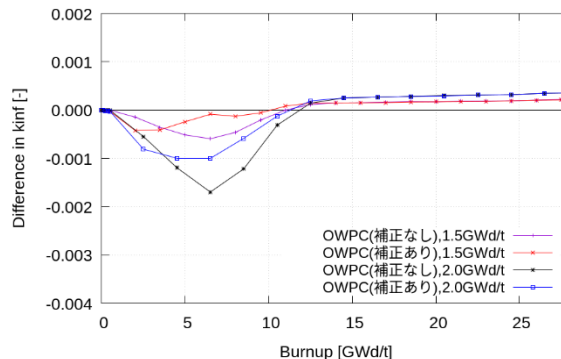


図 2 無限増倍率の誤差(Gd 濃度 4%)

参考文献 [1]流石ら、2019 秋の大会 J08 [2] 流石ら、2020 春の年会 I14

*Jumpei Sasuga¹, Go Chiba¹, Yasunori Ohoka^{2,3}, Yasuhiro Kodama², Kento Yamamoto², Hiroaki Nagano²

¹Hokkaido Univ., ²NFI, ³Current affiliation: NRA