

Rossi- α 法による未臨界度実時間測定 of 検討

エネルギー量子制御工学グループ 坪田 忍

序論 使用済み核燃料の再処理施設で発生する高レベル放射性廃棄物の処理が重要な課題となっている。高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物やマイナーアクチニドなどの長い半減期を持つ核種は放射性毒性の減少に長い期間を要し、長期に渡り環境に負荷がかかってしまう。この負荷を低減するために、長寿命核種を短寿命または安定核種に変換する核変換処理の技術開発が進められている。この核変換処理の方法として加速器駆動炉(ADS)が挙げられる。ADSは陽子加速器、核破砕ターゲット、未臨界炉心からなり、体系が未臨界であることから加速器を停止させると炉も停止する高い安全性を有する。しかし、この安全性は常時未臨界が保たれていることが条件であることから、運転時において常時未臨界度を監視する必要がある。田口氏の修士論文^[1]で未臨界度測定手法のひとつのRossi- α 法を用いたパルス中性子打ち込み運転時の未臨界炉心の未臨界度測定の可能性について検討されていたことから、この研究ではRossi- α 法を用いた未臨界度実時間測定が可能かどうか、計算時間・測定精度・応答性の3つの点から検討を行った。

解析 未臨界炉心にパルス中性子打ち込みを行うシミュレーションを行い、それから得られた中性子検出時刻をRossi- α 法を用いて解析した。Rossi- α 法は同一家系に属する中性子が短い時間間隔で検出されることを利用した未臨界度測定法で、すべての中性子検出の組み合わせに対し検出時刻の差を計算し、その頻度分布のグラフを作成、それを理論式にフィッティングすることで即発中性子減衰定数 α を求めることができる。 α は未臨界度と比例関係にあるため、 α を求めることにより未臨界度を間接的に求めることができる。中性子検出時間間隔の頻度分布を中性子検出時刻を読み取る毎に更新し、それと並行して100ms毎に α を測定した。この解析にかかった計算時間が中性子検出時刻のデータ長よりも短ければ、計算時間の面で未臨界度実時間測定が可能であると言える。また、測定精度については100ms毎に測定された α の平均値と標準偏差を用いて評価した。応答性については途中で α が 1500s^{-1} から 500s^{-1} にステップ状に変化するシミュレーションを行い、その変化に対する応答性を調べた。ここでパラメーターとして $t_b[\text{s}]$ というものを定義し、頻度分布作成の際に過去 t_b 間の中性子検出時刻を用いて頻度分布を作成した。

結果 Fig. 1 に計算時間の計数率依存性を示す。計数率 $5.6 \times 10^3\text{s}^{-1}$ のときにデータ長(1800s)の約3分の2の時間で計算することができた。 10000s^{-1} を超えるような計数率は検出器の不感時間の点から期待できないため、実用の範囲であれば十分実時間測定可能であると言える。また、測定精度の測定の結果をFig. 2に示す。計数率 $5.6 \times 10^2\text{s}^{-1}$ の条件で5%以内の測定誤差で α を求めることができた。ただし、検出効率が低い場合、計数率が同じ場合であっても測定精度が悪化した。応答性については、 $t_b = 10\text{s}$ の条件で0.5sの応答性を得た。また、 t_b が短くなると測定精度が悪化するが、 $t_b = 5\text{s}$ 、計数率 $5.6 \times 10^3\text{s}^{-1}$ の条件で約6%の測定精度を得た。

結論 計算時間、測定精度、応答性のすべての点で、実時間未臨界度測定にRossi- α 法を用いることは十分可能であることがわかった。

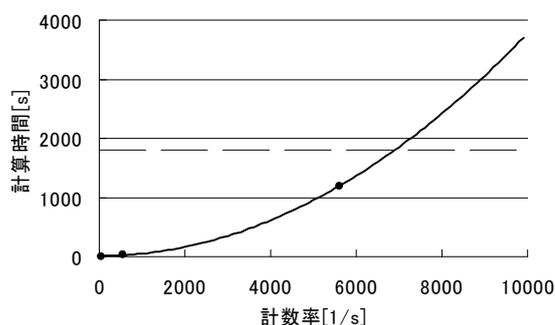


Fig. 1 計算時間の計数率依存性

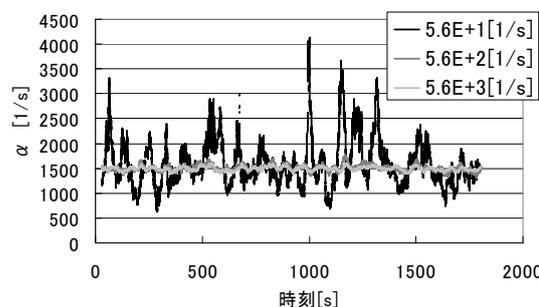


Fig. 2 各計数率における α の連続測定