

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	山中 正朗
論文題目	Effective Delayed Neutron Fraction in Subcritical States (未臨界体系における実効遅発中性子割合に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、原子炉の運転上の重要なパラメータである実効遅発中性子割合 (β_{eff}) の未臨界状態における新しい評価手法と実験手法について論じた結果をまとめたもので、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論で、原子炉の運転に伴って発生する使用済燃料から高レベル放射性核種を分離して、それに中性子を照射することにより半減期を短くする核変換処理を行うための新しい装置である加速器駆動システム (ADS) の概要と開発状況についてまとめ、ADS の運転状態における安全性を確保するために未臨界状態における β_{eff} を正確に評価することの重要性について説明し、それに基づき本論文の目的と概要について述べている。</p> <p>第2章では未臨界体系における β_{eff} の基礎的な特性に関する実験データを取得するために、エネルギーが異なる外部中性子源を用いて、未臨界度を変化させて未臨界度測定実験を行った結果についてまとめている。未臨界度測定にこれまで広く用いられてきたパルス中性子法の面積比法では、同じ体系であってもドル単位の未臨界度が外部中性子源の違いによって異なり、外部中性子源のエネルギースペクトルの違いがドル単位の未臨界度の評価に必要な β_{eff} に影響を与えている可能性があること、また、測定された未臨界度の計算値との差異は未臨界度が深くなるにつれて増加しており、β_{eff} の未臨界度に対する依存性を検討する必要があることを示している。</p> <p>第3章では従来の未臨界体系における β_{eff} の測定が炉心の中性子束分布が基本モード中性子束に近似できるような浅い未臨界状態で、しかも中性子源は炉心内部に設置されているような簡単な体系において実施されてきたため、中性子源を炉心外部に設置してさらに未臨界度を深くし、定常またはパルス状の中性子源を利用した Nelson 数法による β_{eff} の測定について述べている。その結果、定常中性子源を炉心外部に設置したとき、やや遠い未臨界体系であっても測定結果は未臨界度に依らず計算と 10% 以内で一致することが判り、従来の Nelson 数法が定常中性子源を炉心外部に設置したときにおいても適用可能であることを明らかにした。一方、パルス中性子源に対しては、従来の Nelson 数法の表式をそのままでは適用できないため、本研究においてパルス中性子源に対する Nelson 数法の式を新たに導出して測定を行い、その結果、未臨界度が深くなるにつれて β_{eff} が大きくなることが判り、さらに実効増倍率 (k_{eff}) が 0.93 というかなり深い未臨界状態に対しても約 12% の精度で β_{eff} の測定が可能であることを示している。</p>			

第 4 章では未臨界体系における β_{eff} の正確な計算手法を確立するために、外部中性子源が存在する固定源計算による反応率分布の結果を用いて β_{eff} を求めるための新しい計算手法について述べている。これまでの手法では外部中性子源が存在すると固有値計算に基づく通常の増倍率は定義されないため、反応率に基づく増倍率を新たに定義し、さらに中性子源からの直接の影響を除いた核分裂連鎖反応による中性子増倍のみが寄与する反応率を求めて、その結果を基に β_{eff} を評価することが本手法の特徴である。未臨界度測定の実験結果と比較することによりその妥当性が検証され、従来の固有値計算による算出された β_{eff} を用いた未臨界度の実験値と本手法による計算値とを比較すると約 10%もの差異が見られた。さらに、本手法によって求めた β_{eff} を用いることで実験値の計算値の差異は約 3%まで小さくすることができ、本手法が未臨界体系で β_{eff} の評価手法として妥当であることを確認している。さらに、 k_{eff} が 0.85 という非常に深い未臨界体系においても測定と計算の差異が 2%程度であったことから、本研究で提案した未臨界での β_{eff} の評価手法を用いることにより、深い未臨界度での測定精度も向上させることができることを示している。

第 5 章は結論として、本研究を通じて得られた未臨界体系における β_{eff} の実験と解析の結果についてまとめ、 β_{eff} の評価精度のさらなる向上に向けての課題について述べている。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、加速器駆動システム (ADS) のような未臨界体系の安全裕度の重要な指標である未臨界度を評価するために必要となる実効遅発中性子割合 (β_{eff}) の測定と解析手法について研究した結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 様々な未臨界体系において異なる中性子源を用いて従来の測定手法であるパルス中性子法の面積比により未臨界度を評価した結果、 β_{eff} は外部中性子源のエネルギースペクトルの違いにより異なり、さらに体系の未臨界度にも依存していることが示された。

2. パルス状中性子源を体系の外部に設置した未臨界体系における β_{eff} を直接測定するための新しい Nelson 数法を提案し、測定の結果から未臨界度が深くなるにつれて β_{eff} が大きくなることを明らかにした。

3. 未臨界体系における β_{eff} を正確な計算するために、外部中性子源が存在する固定源計算により得られた反応率分布を用いて β_{eff} を求めるための新しい手法を開発し、実験値と比較することによりこの手法を検証した結果、本計算手法が妥当であり、また深い未臨界体系においても適用可能であることを明らかにした。

以上、本研究により ADS のような外部中性子源が存在する未臨界体系における β_{eff} の正確な評価が初めて可能となり、臨界から大きく離れた未臨界体系の未臨界度の測定精度を向上させることができるようになった。本研究の成果は、ADS の運転時の安全性向上だけに止まらず、様々な体系の未臨界度の測定精度の向上にも幅広く貢献できるものであり、ここで得られた知見は学術上、実用上、寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 2 月 16 日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降