

Title	核燃料サイクルにおける臨界安全解析手法の高度化に関する研究
Author(s)	山本, 俊弘
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46967">https://hdl.handle.net/11094/46967</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山本俊弘
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第19813号
学位授与年月日	平成17年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科原子力工学専攻
学位論文名	核燃料サイクルにおける臨界安全解析手法の高度化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 竹田 敏一 (副査) 教授 堀池 寛 教授 山口 彰

#### 論文内容の要旨

核燃料サイクルにおける臨界安全解析手法の高度化のための研究として、モンテカルロ法による臨界計算での核分裂中性子源の収束性の改善、粒状物質が分散している媒質に対する臨界計算手法の開発、そして未臨界度確認技術の一つである指数実験法の解析手法の高度化に関する研究を行った。

核燃料物質の臨界安全性を評価する手法として用いられるモンテカルロ法による臨界計算の中性子源反復における核分裂中性子源分布の収束性を改善する方法として、決定論的手法で加速法として用いられてきた Wielandt の原点移動法を採用した。そして、Wielandt 法をモンテカルロ法の臨界計算手法に適用する方法を新たに考案するとともに、汎用的なモンテカルロコードへの実装を行い、広範な問題に対して Wielandt 法が適用できるようにした。これにより従来法では収束が困難な問題に対しても、より少ない反復数で確実に収束分布が得られるようになり、モンテカルロ法を用いた臨界安全計算手法の信頼性を向上させることができた。

一般的には、粒状物質が分散した媒質を含む非均質の核燃料物質に対する臨界安全評価は容易ではない。ここでは粒状物質が分散した媒質に対する在来の均質化断面積計算法をさらに発展させる研究を行った。本手法は、従来は大きな粒子に対しては中性子実効増倍率を過大評価していたが、その原因を明らかにするとともに、その解決法を示した。また、粒状物質が複数種類からなる場合や、粒状物質が高温ガス炉の被覆粒子燃料のように多層になっている場合でも解析ができるように拡張を行い、本手法の汎用性の向上を図った。また、プルトニウムの高濃度領域を含むウラン-プルトニウム混合酸化物燃料や粒状の中性子吸収材を含む核燃料物質の臨界計算に対しても本手法が有効な計算手法であることを明らかにした。本手法は、連続エネルギーモンテカルロ法に実装されており、粒状物質が分散した媒質に対する汎用的な臨界安全解析手法としての使用を可能とした。

原子力発電所で用いられる燃料集合体に対する未臨界度確認技術として有力な方法である指数実験法において、中性子束の基本モード成分の測定精度を悪くする高次モード中性子束の影響を評価する方法を開発し、高次モードの特性を明らかにした。これにより高次モードの影響を受けにくい中性子源や検出器配置などの測定条件の決定を容易にするとともに、測定結果に含まれる高次モードの定量的な影響評価が可能となり、指数実験法を用いた未臨界度評価技術の高精度化を図ることができるようになった。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、核燃料サイクルにおける臨界安全解析手法の高度化のための研究として、モンテカルロ法による臨界計算での核分裂中性子源の収束性の改善、粒状物質が分散している媒質に対する臨界計算手法の開発、そして未臨界度確認技術の一つである指数実験法の解析手法の高度化に関する研究を行ったものである。

核燃料物質の臨界安全性を評価する手法として用いられるモンテカルロ法による臨界計算の中性子源反復における核分裂中性子源分布の収束性が、従前より臨界計算の大きな課題とされていた。これまでに収束性改善のための多くの研究がなされてきたところであるが、本論文では決定論的手法で用いられてきた **Wielandt** の原点移動法をモンテカルロ法の臨界計算手法に適用する独自の方法を新たに考案している。これにより在来の方法では収束が困難な問題に対してもより確実に収束解を得ることに成功しており、モンテカルロ法を用いた臨界安全計算手法の信頼性の向上に寄与する成果を得ている。

粒状物質が分散した媒質を含む非均質の核燃料物質に対する臨界安全評価は一般的には容易ではないが、本論文では粒状物質が分散した媒質に対する在来の均質化断面積計算法をさらに発展させる研究を行っている。本手法は、大きな粒子に対しては中性子実効増倍率を過大評価するなどの問題点があったが、その原因を解明するとともにその解決法を示している。また、複数種類の粒状物質や、多層の粒状物質でも解析ができるように拡張を行うことで、本手法の汎用性を向上させている。そして、プルトニウムの高濃度領域を含むウラン-プルトニウム混合酸化物燃料や粒状の中性子吸収材を含む核燃料物質の臨界計算に対しても本手法の有効性を示している。本手法は、連続エネルギーモンテカルロ法にも実装されていることから、在来の手法では解析が困難な粒状物質が分散した媒質に対する臨界安全解析手法として汎用的に適用することができ、臨界安全評価技術の高度化に寄与する成果を得ている。

原子力発電所で用いられる燃料集合体に対する未臨界度確認技術として有力な方法である指数実験法では、高次モード中性子束の影響により未臨界度測定精度が悪くなるという問題があった。本論文では、高次モード中性子束分布を解析する数値解析手法を開発することで、従来は困難であった高次モード特性の定量的評価を可能としている。これにより高精度の測定を可能とする中性子源や検出器配置などの測定条件の決定を計画的に行えるようにするとともに、測定結果に含まれる高次モードの定量的な影響評価が可能となり、未臨界度評価技術の高精度化に寄与している。

以上のように、本論文は臨界安全解析技術の高度化に大きく寄与するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。