

氏 名	溝 尾 宣 辰 みぞ お のぶ たつ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1217 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	大きな負の反応度の測定に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 若 林 二 郎 教 授 西 原 宏 教 授 岡 本 朴

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、原子炉の臨界近接や燃料交換の際の安全確認上重要な物理量となっている、大きな負の反応度の測定精度の向上を目的として、検出器の実効的な中性子検出効率の定義と、中性子輸送方程式から、実測値に対する理論的補正法を導き、その補正法の妥当性を高速臨界集合体（FCA）を用いて実験的に検証するとともに、その信頼性および動力炉への適用性を検討したもので、6章からなっている。

第1章は序言で、深い未臨界体系においては、種々の要因が複雑に絡み合うため、大きな負の反応度の測定には非常に大きな誤差を含むこと、および、従来中性子源増倍法を用いる測定に対して Ackermann の補正法が提案されていたが、それは理論的厳密性に欠けるとともに、体系の外部中性子源分布が複雑になるにつれて誤差が増大することを説明して、本研究の意義と目的を述べている。

第2章では、反応度測定法として用いられる、中性子源増倍法、中性子源引抜法、制御棒落下法およびパルス中性子源法について、測定原理を説明するとともに、外部中性子源や制御棒の位置と検出器の位置の関係から、測定の精度について考察している。また、中性子輸送方程式の λ 固有値から静的反応度の定義式を導き、これより中性子源増倍法を対象として提案された Ackermann の補正法では、外部中性子源の分布状態と近似の度合いが深く関わり合っていることを理論的に示して、この補正法は限られた実験条件の下でしか適用できないことを明らかにしている。

第3章では、第2章で示した4つの反応度測定法における反応度の式と、理論的に導いた反応度の定義式より、測定過程における検出器位置に依存する実効的中性子検出効率を補正する係数と、測定体系における外部中性子源の分布状態などによる影響を補正する係数の積の形で、それぞれの測定実験において用いるべき補正係数を理論的に導出するとともに、これらを数値的に求めるために開発した一般性のある計算コードについて述べている。

第4章では、FCA-VI-2B2 集合体および FCA-VII-1 集合体で行った模擬制御棒実験により、理論的補正法の妥当性を実験的に検証している。これらはいずれも高速原型炉「もんじゅ」の部分模擬体系で、VI-2B2 集合体は比較的小型（630ℓ）の単純な2領域ゾーン型式の物理的模擬実験体系であり、VII-1 集合

体はほぼ原型炉級の大きさ(1400ℓ)で、実験目的により、プルトニウム燃料領域の形状やナトリウムチャンネルの数を変えた5種の基準体系をもつ工学的模擬実験体系である。反応度測定は中性子源増倍法および中性子源引抜法を用いて行い、また VI-2B2 体系ではパルス中性子源法による測定も行っている。従来の反応度測定においては、模擬制御棒の位置、外部中性子源の位置および検出器の位置などが複雑に絡み合っており、測定値が検出器位置や測定法によって非常にばらつき、特に $-10\% \Delta K/K$ 程度の大きな負の反応度の測定においては、そのばらつきが40%程度に達することを示している。これに対し、著者が提案した理論的補正法を適用すると、そのばらつきは3%程度以下になり、測定の信頼性がいちじるしく向上することを検証している。

第5章では、補正係数の誤差はそのまま反応度の誤差につながることから、計算過程で行っている近似や群定数の不確かさなどが補正係数に与える影響を数値的に検討するとともに、変分法を用いて解析的に補正係数の信頼性を考察し、これより、このような補正係数を用いて実験的に反応度を求めたときの誤差は、計算によって反応度を求めたときの誤差の $1/10$ 程度以下になることを示している。さらに動力炉における炉心の核的性質、実験上の制約、要求される測定精度などを考察し、この理論的補正法は動力炉に対しても有効に適用しうることを説明している。

第6章は結語で、本研究の成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

大きな負の反応度の測定は、原子炉の臨界近接や燃料交換の際の安全確認上、重要な問題となっているが、特に動力炉のような複雑な炉心構成をもつ体系においては、中性子源の空間分布、制御棒の挿入位置、検出器の位置などが複雑に絡み合うため、従来測定結果の信頼性は必ずしも満足すべきものではなかった。本論文はこのような測定結果に対する理論的補正法を提案し、これによって測定精度が格段に向上することを、多くの実験によって検証するとともに、感度解析によって理論的に証明したもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 負の反応度測定に対する補正法として、これ迄に測定法の一つである中性子源増倍法を対象とした Ackermann の補正法だけが公表されていたが、この補正法は、各検出器に対する便法的な中性子検出効率を導入したもので、理論的厳密性に欠けるものであり、また、歪んだ外部中性子源分布をもつ体系に対しては、誤差が非常に大きくなるような性質をもっていた。これに対し、著者は負の反応度測定に一般に用いられている中性子源増倍法、中性子源引抜法、制御棒落下法およびパルス中性子源法に着目して、それぞれの実験に用いる反応度の式と、中性子輸送方程式の λ 固有値から導いた反応度の理論式を比較し、これより、測定過程における検出器位置に依存する実効中性子検出効率の変化を補正する係数と、外部中性子源の分布状態や制御棒の挿入位置に依存する体系に固有な補正係数の積の形で、それぞれの測定実験に用いるべき補正係数を理論的に導出するとともに、これらを数値的に求めるための一般性のある計算コードを開発した。

2. 高速臨界集合体(FCA)を用いて、実験目的によって異なる6種の、高速原型炉「もんじゅ」を対象とした部分模擬実験体系を作り、これらに1本あるいは数本の模擬制御棒を挿入して、最大 $-10\% \Delta K/K$

程度の未臨界体系とし、中性子源増倍法、中性子源引抜法および一部にパルス中性子源法を用いて反応度測定を行い、その測定結果は検出器位置や測定手法によって最大40%程度のばらつきをもつことを示すとともに、これに著者の提案した理論的補正法を適用するとそのばらつきは3%以下になることを示して、この補正法の妥当性を実験的に検証した。

3. 補正係数に含まれる誤差は、直接反応度の誤差につながることから、計算過程で行っている近似や群定数の不確かさなどが、補正係数に与える影響を数値的に検討するとともに、変分法を用いて解析的に補正係数の信頼性を考察し、これより、補正係数を用いて実験的に反応度を求めたときの誤差は、計算によって反応度を求めたときの誤差の1/10程度以下になることを示して、著者の提案した理論的補正法の有効性を明らかにした。

4. 大型動力炉の停止時や燃料交換時における炉心の核的性質、実験上の制約、要求される測定精度などを考察し、このような実験条件の下でも著者の提案した理論的補正法は、有効に適用しうることを明らかにした。

以上要するに本論文は、従来満足すべき精度で測定できなかった、大きな負の反応度の測定精度を格段に向上しうるような、新しい理論的補正法を提案し、その有効性を実験的に検証したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。