OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	軽水炉核計算手法の高度化による炉心設計への影響評価
Author(s)	竹田, 敏
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/56003
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　　名　（竹田　敏）	
論文題名	軽水炉核計算手法の高度化による炉心設計の影響評価

本研究では、誤差要因を排除することが可能な軽水炉核計算手法を炉心設計へ適用した場合の影響を評価しており、以下に示す五章で構成されている。

第一章は序論であり、背景として原子力発電所における燃料の多様化と現行の軽水炉核計算手法を示した。また、軽水炉核計算手法の高度化の利点を示したうえで、本研究の目的と概要を示した。

第二章では、軽水炉での利用を想定した様々な燃料に対するドップラー係数の検討結果がまとめられた。この検討では、まず、トリウム燃料について、ドップラー係数がウラン燃料よりも負側に大きくなる物理的な理由を明らかにした。次に、従来の軽水炉核計算手法では考慮されていない熱外領域の熱振動を計算モデルに取り入れ、様々な燃料を対象としてドップラー係数への影響評価を実施した。この評価により、MOX燃料ではウラン燃料よりも熱振動の影響は小さく、U-238の捕獲反応による影響が支配的であることを示した。また、トリウム燃料については、Th-232の熱振動が及ぼすドップラー反応度への影響はU-238と比べて小さいものの、約4%の影響が見られることを確認した。これらの結果から、MOX燃料とトリウム燃料のドップラー係数について、現行の軽水炉核計算手法で用いられている計算モデルの近似による影響を評価し、結果を示した。

第三章では、ガドリニア入りウラン燃料集合体を対象として、熱外領域の熱振動がドップラー係数に与える影響を評価した。結果として、ガドリニアが少量添加された場合はドップラー係数へ影響が12%まで上昇することが確認された。新たに導出した数式による分析の結果、若干のガドリニアが添加されて増倍率が急に低下した場合に、ドップラー係数に与える影響が大きくなることを示した。この検討により、ガドリニアのような吸収体が存在する場合の燃料のドップラー係数についても、現行の軽水炉核計算手法で用いられている計算モデルの近似による影響を明らかにした。

第四章では、計算誤差の小さい輸送計算手法であるMOCを、より実用的な計算時間で実施するための検討を行った。まず、MOCコードに対し、計算を効率的に収束させることが可能なKrylov部分空間法であるGMRES法を導入した。続いて、平均自由行程を用いる前処理手法と、粗グリッドを有効に用いる前処理手法であるスケール法を新たに開発し、GMRES法に適用した。これらの手法を適用することで大幅に計算時間を短縮できたことから、計算精度の高いMOCコードに対し実用化の目処をたてられた。

第五章では本研究の結論と今後の展望が示された。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　竹田　敏　）

	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教授	北田　孝典
	副 査　教授	福田　武司
	副 査　教授	村田　勲
	副 査　准教授	帆足　英二

論文審査の結果の要旨

本研究では、誤差要因を排除することが可能な軽水炉核計算手法を炉心設計へ適用した場合の影響を評価しており、以下に示す五章で構成されている。

第一章は序論であり、背景として原子力発電所における燃料の多様化と現行の軽水炉核計算手法が示された。また、軽水炉核計算手法の高度化の利点を示したうえで、本研究の目的と概要が示された。

第二章では、軽水炉での利用を想定した様々な燃料に対するドップラー係数の検討結果がまとめられている。この検討では、まず、トリウム燃料について、ドップラー係数がウラン燃料よりも負側に大きくなる物理的な理由を明らかにした。次に、従来の軽水炉核計算手法では考慮されていない熱外領域の熱振動を計算モデルに取り入れ、様々な燃料を対象としてドップラー係数への影響評価結果が示された。この評価により、MOX燃料ではウラン燃料よりも熱振動の影響は小さく、U-238の捕獲反応による影響が支配的であることが示された。また、トリウム燃料については、Th-232の熱振動が及ぼすドップラー反応度への影響はU-238と比べて小さいものの、約4%の影響が見られることが確認された。これらの結果から、MOX燃料とトリウム燃料のドップラー係数について、現行の軽水炉核計算手法で用いられている計算モデルの近似による影響を評価した結果が示された。

第三章では、ガドリニア入りウラン燃料集合体を対象として、熱外領域の熱振動がドップラー係数に与える影響を評価している。結果として、ガドリニアが少量添加された場合はドップラー係数へ影響が12%まで上昇することが確認された。新たに導出した数式による分析の結果、若干のガドリニアが添加されて増倍率が急に低下した場合に、ドップラー係数に与える影響が大きくなることが示された。この検討により、ガドリニアのような吸収体が存在する場合の燃料のドップラー係数についても、現行の軽水炉核計算手法で用いられている計算モデルの近似による影響が明らかにされた。

第四章では、計算誤差の小さい輸送計算手法であるMOCを、より実用的な計算時間で実施するための検討を行っている。まず、MOCコードに対し、計算を効率的に収束させることが可能なKrylov部分空間法であるGMRES法が導入された。さらに平均自由行程を用いる前処理手法と、粗グリッドを有効に用いる前処理手法であるスケール法を新たに開発し、GMRES法に適用された。これらの手法を適用することで大幅に計算時間を短縮できたことから、計算精度の高いMOCコードに対し実用化の目処がたてられた。

第五章では本研究の結論と今後の展望がまとめられた。

以上のように、本論文は従来の軽水炉核計算手法では考慮されていない熱外領域における熱振動がドップラー係数に与える影響の評価を行い、様々な組成の燃料を用いた炉心設計への影響を明らかにするだけでなく、MOCの高速化技法の開発を行い、軽水炉核計算手法による炉心設計として高精度なMOCが実用化できることが示されている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。