

氏 名	山 下 静 夫
	やま した しず お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 406 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 46 年 3 月 23 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	NEUTRONIC CHARACTERISTICS OF LARGE FAST REACTORS (大型高速炉の核特性に関する研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 若 林 二 郎	教 授 岐 美 格	教 授 西 原 宏
--------	----------------------	-----------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、大型高速増殖炉および大型高速転換炉の運転に伴う核特性の変化を解析し、これより、わが国の原子力発電計画に必要な核燃料の累積所要量を、できるだけ少なくするためのいくつかの要因を明らかにしたもので、7章よりなっている。

第1章では、高速炉の概要を述べ、核特性すなわち、全増殖比、内部転換比、核分裂性物質の核分裂率に対する捕獲率の比、核分裂ボーナス、核燃料の増倍時間、ナトリウムボイド効果およびドプラー係数の定義を示している。また第3章以降の核特性の計算において使用した断面積セットおよび、計算コードの説明を行なっている。

第2章では、いくつかの仮定のもとに、わが国の原子力発電計画に必要な核燃料の累積所要量を、天然ウランに換算して求める方程式を導びき、これに文献からえられた軽水炉、重水炉の核特性値および、第3章以降で求めた高速増殖炉、高速転換炉の核特性値を導入して計算を行ない、核燃料の累積所要量を少なくするための、いくつかの要因を明らかにしている。

第3章では、大型高速増殖炉の一例として、米国GE社で設計された電気出力1,000MWのナトリウム冷却パンケーキ型高速増殖炉を採用し、燃料交換（交換期間は6ヶ月で、交換方法は内炉心1/4バッチ、外炉心1/5バッチ）を行ないながら運転したときの、核特性の変化を平衡状態に到達する迄計算している。このような燃焼計算を二次元体系について行なう場合、非常に膨大な計算時間を必要とするが、適当な重みを掛けて内炉心と外炉心および、内側ブランケットと外側ブランケットを均質化することにより、一次元計算によって全増殖比、内部転換比、核分裂ボーナスなどの核特性値を、二次元計算と同程度の精度で計算する方法を提案し、これを数値実験的に確かめている。また、バッチ方式の燃料交換を行なったときの炉心を均質化して計算することは、誤差の原因となるが、この誤差は燃料交換を繰返すにつれて急速に減少することを明らかにしている。以上の根拠から、核特性の変化を一次元燃焼計算によって数値実験的に求め、これより大型高速増殖炉の燃料交換に伴う核特性の変化について、一般的な知見を与えてい

る。

第4章では、大型高速増殖炉において、 $\text{PuO}_2\text{—UO}_2$ 燃料および BeO 反射体を濃縮 UO_2 燃料におきかえると、原子炉は増殖炉とならないが、非常にすぐれた転換炉になることを述べ、高速増殖炉の開発の初期において、 $\text{PuO}_2\text{—UO}_2$ 燃料を用いるように設計された原子炉に UO_2 燃料を装荷して、十分なプルトニウム燃料がえられる迄は、高速転換炉として運転すべきであることを論じ、高速転換炉の核特性を求めている。高速転換炉として、第3章で採用した高速増殖炉に UO_2 燃料を装荷した場合を仮定し、燃料交換期間を6ヶ月、1/4バッチ方式で燃料交換を行なうものとして、第3章で行なったと同様な計算法により、核特性の変化を平衡状態に到る迄数値実験的に求め、これより高速転換炉の燃料交換に伴う核特性の変化について、一般的な知見を与えている。

第5章では、日本原子力研究所で概念設計された、円柱型高速増殖炉において、 $\text{PuO}_2\text{—UO}_2$ 燃料を UO_2 燃料におきかえてえられる高速転換炉について、初期状態での核特性を計算している。この計算において、ナトリウムボイド効果およびドプラー係数を、一次元球形モデルを用いて求めているが、この際形状因子の導入によって近似度を上げうることを示している。

第6章では、米国 CE社で設計された円柱型高速増殖炉の PuC—UC 燃料を、 UC 燃料におきかえてえられる高速転換炉について、第5章で行なったと同様な計算により、初期状態における核特性を求めている。第5章、第6章の計算より、炉心の形状および燃料の形態の違いが、高速転換炉の核特性に如何に影響するかについて知見をえている。

第7章は結論で、大型高速増殖炉で燃料交換を行ないながら運転すると、増殖比は初期状態より低下し、ナトリウムボイド効果は悪化するという問題点のあることを指摘している。なお高速転換炉のナトリウムボイド効果は、高速増殖炉よりもすぐれていることを指摘し、この点からも高速増殖炉の開発の初期には、高速転換炉として運転するのが妥当であることを示している。また、わが国の原子力発電長期計画において、核燃料の累積所要量を少なくするためには、高速増殖炉、高速転換炉の早期導入の必要なこと、高速炉の実用化迄は、軽水炉より重水炉を建設する方が好ましいことなどを、数値的に明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

大型高速増殖炉の導入は、原子力発電における長期核燃料経済の観点から重要な問題で、現在各国でその開発研究が進められている。しかしその燃焼および燃料交換に伴う核特性の変化については、その計算が非常に膨大なものとなるため、詳しい研究はほとんど行なわれあるいは公表されていなかった。また大型高速炉で酸化ウラン燃料を用いれば、増殖炉として運転できないことは指摘されていたが、これを開発の初期に高速転換炉として運転することは、プルトニウム生産の点から有効である。著者はまず、高速炉の燃焼および燃料交換に伴う核特性の変化を、比較的短い計算時間で、しかも良い精度で近似計算する方法を見出し、これを用いて高速増殖炉、高速転換炉の核特性を数値実験的に求めるとともに、さらに進んで原子力発電の長期開発計画に関する基礎資料を提供したもので、その主な成果はつぎのとおりである。

1) パンケーキ型炉心をもつ高速炉の核特性を計算する際に、内炉心および外炉心の組成に、適当な重みを掛けて平均化することにより、一次元燃焼計算によって全増殖比、内部転換比、核分裂ボーナスなどの核特性値を、二次元燃焼計算と同程度の精度で計算する方法を見出した。これによって計算時間を約1/10に短縮することができ、従来計算時間の点から困難であった燃焼および燃料交換に伴う核特性の変化を、妥当な計算時間で可能にすることができた。なお重みの一般的計算法、二次元燃焼計算との精度の比較も示している。

2) この計算手法により、パンケーキ型炉心をもつ高速炉の、燃焼に伴う核特性の変化を数値実験的に求め、燃料交換が繰返されるにつれて、増殖比は低下し、ナトリウムボイド効果は悪化することを明らかにした。

3) パンケーキ型炉心をもつ高速転換炉の、燃焼に伴う核特性の変化を数値実験的に求め、高速転換炉はプルトニウム生産炉として重水炉より非常にすぐれていること、ナトリウムボイド係数は高速増殖炉よりすぐれていることなどを明らかにした。

4) 円柱型炉心をもつ高速炉の、ナトリウムボイド効果およびドブラー係数の計算において、形状因子の概念を導入した一次元球形モデル計算を提案し、これがすぐれた近似計算法であることを数値的に示した。

5) この計算手法により、酸化ウランおよび炭化ウランを用いた円柱型炉心の高速転換炉について、その初期状態の核特性を求め、これより、炉心の形状および燃料形態の違いによる、高速転換炉の核特性の違いを定性的に示した。

6) わが国の原子力発電計画において、必要な核燃料の累積所要量を少なくするための要因について、有益な資料を提供した。

以上要するにこの論文は、高速増殖炉および高速転換炉の燃焼および燃料交換をも考慮して、その核特性を詳細に研究し、原子力発電の将来に対する有益な知見を提供したもので、学問的にも工業的にも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。