

審査の結果の要旨

氏名 兪在云

本論文は大型超臨界圧軽水冷却高速炉（SWFR）の炉心設計の研究で7章より構成されている。

第1章は序論で対象とした原子炉の一般的な特徴と特性について述べている。超臨界圧軽水冷却高速炉に関しての先行研究は2次元解析であるため、炉心出口温度、冷却材ボイド反応度、局所ピーキング係数などの熱的、核的性能や制限値の評価に限界があり、炉心設計と性能の正確に評価する為には核熱結合3次元炉心設計が必要であるとしている。

第2章は炉心の目標性能と熱的・核的制限値と炉心解析法について述べている。炉心解析は核燃料棒設計、炉心核設計、核燃料集合体の内のサブチャンネル解析、統計的熱設計で構成されている。

第3章は核燃料棒設計について述べている。核燃料棒健全性を確保する熱的・機械的設計制限値をもとめるとともに、燃料棒挙動解析コードを用いて核燃料設計のためのパラメータサーベイを行い、SWFRに使われる核燃料設計値を決めている。定常運転時に炉心内の最も厳しくなる条件で核燃料性能を評価した結果ステンレス鋼被覆管で機械的設計制限値を満足することを示している。

第4章は炉心核設計を述べている。炉心核設計の方法として3角燃料格子を扱える3次元微細格子中性子拡散法と単チャンネル解析法を結合した3次元核熱結合計算方法を開発し、平衡炉心に対して炉心の特性を評価している。水素化ジルコニウム層をシードとブランケット集合体の間に置く炉心を用い、様々な装荷パターンに対してボイド反応度を評価して最も負のボイド反応度を持つ炉心を決めている。炉心平均出口温度を高温化するためには核燃料集合体の内の局所出力を制御する必要があるのでブランケット集合体には厚いラッパー管を用い出力のピークを抑えるとともに、シード集合体では集合体内のプルトニウム富化度に分布を持たせている。さらに局所出力分布の制御が難しい集合体に対しては下降流冷却を採用している。これにより650°Cの最高被覆管温度の制限値を満足しながら500°C以上の炉心平均出口温度という目標を達成している。

第5章はサブチャンネル解析による定常運転中の最高被覆管温度を評価している。サブチャンネル面積を燃料棒出力にあわせて調節することで最高被覆管温度上昇を低減できることを示している。集合体内の局所出力ピーキング係数を1.2以下の領域では単チャンネル解析により被覆管温度が保守的に評価されることを示している。全体炉心のサブチャンネル解析の結果、最高被覆管温度は制限値である650°Cを満足することを示している。

第6章はSWFRの統計的熱設計に関して記述している。定常運転時の流量などのシステ

ム変数の変動及び被覆管温度評価に関係する不確定性因子を考慮し、モンテカルロサンプリングにより不確定性を考慮する確率論的方法で解析している。下降流冷却チャンネルを考慮するために単チャンネル解析とサブチャンネル解析を結合して評価している。加圧水型軽水炉または液体金属冷却高速増殖炉に適用されて来た不確定因子参考に解析し工学的不確定度による最高被覆管温度上昇は 31°C であることを示している。

第7章は結論であり、本研究のまとめが述べられている。

以上を要するに本論文は大型超臨界圧軽水冷却高速炉3次元炉心設計研究を行い、炉心の核的及び熱的な特性を明らかにしている。この成果はシステム量子工学の進歩に貢献することが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。