

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 向原 民

本論文は超臨界圧軽水冷却高速炉心の設計とサブチャンネル解析について記したもので論文は5章より構成されている。

第1章は序論で、経済性において新型火力発電プラントに対抗できかつ将来炉として燃料の増殖もできる魅力ある原子炉が求められているとし、これらを満たす可能性のあるものとして超臨界圧軽水冷却炉の研究が必要であると述べている。超臨界炉は冷却水の全量がタービンに送られる貫流型で、出入口温度差も大きいため冷却水流量が軽水炉の数分の1と少なく、ポンプ動力等の点で稠密燃料格子の高速炉に適している。本研究では大出力の高温高速炉の炉心設計を行うとともに、高温化にとって重要な燃料集合体サブチャンネルの熱流動解析を行っている。

第2章は高温超臨界圧軽水冷却高速炉心の設計について述べている。まず設計条件と設計目標について述べ、高速炉心の設計においては高燃焼度化と負のボイト係数という相反する要求を満たす必要があり、このことは大型高速炉心では特に重要であるとしている。次に核熱結合炉心計算手法について述べている。まず単チャンネル熱水力計算コードを作成し、それを核計算コードと結合する手法を開発しブランケットやシード燃料部をともに上昇流で冷却する炉心を設計し、出力分布や燃料被覆管の最高温度を求めている。次にブランケット燃料部では燃焼とともにプルトニウムが生成しその出力が増大するため、その出口冷却水温度が燃焼期間を通じて一様ではない。そのためこの炉心ではシード燃料部の出口冷却水との混合後の炉心の平均出口温度が低下するとしている。そこでブランケットを下降流で冷却する炉心を提案し設計を行っている。その結果炉心平均出口温度は467℃から537℃となり熱効率も42.8%から44.2%に電気出力も1456MWから1551MWに向上するとしている。

第3章は燃料集合体の熱流動解析について述べている。まず、燃料棒間の流路であるサブチャンネルについて連続の式と運動量とエネルギーの保存式を構成方式とし乱流混合係数、ミキシング係数、形状抵抗係数を相関式として与えることでサブチャンネルとその相互の熱流動を計算するコードを開発している。これでナトリウム冷却炉の集合体の流動を解析し、実験とよい一致を得ること

で検証している。次はこのコードを用いて超臨界圧軽水冷却高速炉の集合体熱流動を解析している。超臨界冷却炉ではナトリウム冷却に比較して、密度変化が大きいいため、燃料集合体とそのラッパ管との間隙部を冷却材が流れやすくこれを防ぐためには、間隙巾や集合体のグリッドの圧損を適切に設定する必要があるとしている。

第4章は超臨界圧軽水冷却高速炉のホットスポット係数の解析について述べている。サブチャンネルの流路面積等の各種誤差や核データの不確定性がホットスポット係数に与える影響について解析し、超臨界圧炉ではサブチャンネル流量の不均一さに対する感度が高い事を示している。ブランケット下降流冷却炉心ではシード燃料部の入口冷却水温度が高くなるためこの感度は低下するとしている。燃料棒の出力ピークの感度についてはサブチャンネルの冷却水密度も局所出力によって変動するため、核熱結合で出力ピークを計算する方法を開発しその影響を評価している。燃料棒の富化度を変えて集合体出力分布の平坦化を図る検討も行っている。

第5章は結論で本研究により超臨界圧軽水を冷却材に用いる大型高速炉心の設計を明らかにするとともに出口温度の高温化に影響する因子をサブチャンネル解析により明らかにし、燃料集合体設計に対する留意点を示したとしている。以上を要するに本論文は炉心設計とサブチャンネル解析により高温超臨界圧水冷却高速炉の設計の要点を示している。この成果はシステム量子工学、とくに原子炉工学の発展に寄与するところが少なくない。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。