

審査の結果の要旨

氏名 池尻 智史

本論文はスーパー高速炉の安全性に関する研究をまとめたもので、その研究成果は9章により構成されている。

第1章は序論で、貫流型・超臨界圧水冷却を採用した超臨界圧軽水冷却炉(SCWR)の概念の説明を行っている。さらに、SCWRの中でも高速炉型のであるスーパー高速炉が経済性の高い原子炉概念であることを説明している。そして、スーパー高速炉は、下降流によって燃料を冷やすという特徴をもっており、安全上の特性を解明することが必要であるとしている。そのため、本研究の目的は体系的な安全解析を行いスーパー高速炉の安全上の特徴を把握する事としている。

第2章はスーパー高速炉の安全性確保の基本方針と安全系の設計方法について述べている。スーパー高速炉は過去のSCWRの研究結果や超臨界圧水の性質を踏まえ、炉心流量の監視と確保を安全確保の基本としている。そして、原子力の安全の基本である「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の概念に従い、安全系の構成や作動条件を定めている。特に本研究では新たな安全系として低圧炉心スプレー系を採用しており、その概念や効果について説明している。

第3章は安全解析手法のまとめで、下降流冷却燃料集合体チャンネルを体系に含む超臨界圧から亜臨界圧まで解析する安全解析コードや、再冠水時の挙動を解析するコードについて述べている。本研究の計算コードが従来のもので違う点は、並行チャンネル間の流量配分を計算するための運動量保存則モデルや低圧炉心スプレーのモデルが追加されている点であり、それらについての説明も行われている。

第4章はプラント制御系設計について述べている。ステップ状の外乱を与えた時のプラント動特性を解析し、パラメータの感度を検討することにより、出力を制御棒で、圧力を主蒸気加減弁で、主蒸気温度を主給水流量で制御する制

御系を設計している。また、それらの制御系に対して制御パラメータのチューニングを行い、その制御系を使った原子力プラントに 5 種類の外乱を与えた場合のプラント挙動を解析し、全ての外乱でプラントが安定に収束することを示している。

第 5 章ではスーパー高速炉の超臨界圧時の安全解析について述べている。まず、安全解析の起回事象や判断基準を決めている。そして、異常な過渡事象の解析を基本炉心に対して行い、全ての事象において安全基準を満たすことを示している。そして、流量喪失型の事象が他の事象と比較して高い最高被覆管温度のピーク値をとることから、スーパー高速炉では炉心流量の維持が重要であることを示している。

さらに、事故事象の解析を基本炉心から出力密度を向上させた改良炉心②に対して行っている。そして、原子炉冷却材流量の全喪失以外の事象は、安全基準を満たせる事を確認し、原子炉冷却材流量の全喪失事象も通常運転時の流量配分の調整と上昇流冷却 SEED 燃料集合体の最高線出力の低減により安全基準を満たせることを示している。

第 6 章では冷却材喪失事故 (LOCA) 解析について述べている。LOCA 解析は改良炉心②に対して行われている。そして、主給水管破断 LOCA のブローダウンフェイズ時に被覆管温度が上昇しやすいため、下降流冷却 SEED 燃料集合体の最高線出力の低減や小破断時に積極的に減圧操作を行うことが必要である事を示している。再冠水フェイズ時には主蒸気管破断 LOCA の場合に、上部ドームの圧力が上がり下降流冷却燃料集合体チャンネルのクエンチレベルが上昇しなくなることが明らかになったため、低圧炉心スプレー系による上部ドームの圧力の低減が必要であることを示している。

第 7 章では異常過渡時スクラム失敗 (ATWS) 解析について述べている。ATWS 解析は改良炉心②から最高線出力を少し低下させた改良炉心③に対して行っている。そして、主給水ポンプが全台トリップする事象ではスクラムの代替操作として減圧操作が必要であることや、減圧の効果が従来の SCWR より弱く大容量の減圧系が必要であることを示している。

第 8 章では安全性の向上のための提案を行っている。これまでの安全解析において、どの事象分類においても冷却材流量喪失型の事象において最高被覆管温度が高くなるため、それらに対し最高被覆管温度の低減対策として 4 つの提

案をしている。そして、それらの対策を施した結果、最高被覆管温度が大幅に低減することを示している

第9章は結論であり、本研究のまとめが述べられている。

以上を要するに本研究は、スーパー高速炉の安全性を体系的に検討し、このシステムが持つ安全上の特徴を明らかにしている。この成果は原子力工学の進捗に貢献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。