

## 審査の結果の要旨

氏名 石渡祐樹

本論文はスーパー軽水炉の安全性に関する研究をまとめたもので、8章より構成されている。

第1章は序論で、貫流型・超臨界圧水冷却という設計上の特徴を有するスーパー軽水炉の概念開発には安全特性の解明が必要であるとしている。本研究の目的は体系的な安全設計と解析によるスーパー軽水炉の安全性解明であるとしている。

第2章は安全解析手法のまとめで、下降流水減速棒モデルを含む超臨界圧時の安全解析コード、減圧時の挙動解析コード、再冠水解析コードについて述べている。超臨界圧時の安全解析コードは質量保存、エネルギー保存、反応度フィードバックについて、減圧挙動解析コードは減圧速度について、再冠水解析コードは稠密燃料棒体系への適用性について、それぞれ検証計算を行い妥当性が示されている。

第3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ときのプラント基本動特性を解析しパラメータの感度を検討するとともに、多数の水減速棒が流量外乱に伴う出力変化を抑制することを示している。スーパー軽水炉に適した制御系として主蒸気圧力を主蒸気加減弁で、主蒸気温度を給水ポンプで、原子炉出力を制御棒でそれぞれ制御する方式が採られ、制御パラメータが決定されている。プラント安定性解析を行い、各制御系が協調して安定に制御することが示されている。

第4章は安全確保の基本方針と安全系設計について述べている。スーパー軽水炉は水位や冷却水再循環系が無い場合、炉心流量の監視と確保を安全確保の基本方針としている。これは冷却水インベントリの監視と確保が基本原理の軽水炉とは異なっている。この基本方針とスーパー軽水炉の特徴を考慮し、安全系の構成や作動条件が決められている。減圧によって炉心が冷却されるという貫流型の特徴、減圧時に上部ドームと水減速棒の水が炉心冷却に寄与するという下降流水減速棒炉心の特徴が示されている。

第5章は超臨界圧時の安全解析について述べている。スーパー軽水炉に想定される異常事象が軽水炉等の例を参考に抽出され、異常タイプごとに代表的な事象が安全解析対象として選定されている。判断基準は、軽水炉や高速炉の考え方を参考にスーパー軽水炉の特徴を踏まえて定められている。安全解析の結果、下降流水減速棒内の冷却水膨張

による流量喪失事象緩和、超臨界圧水の相対的に小さい水密度変化と貫流型の流量停滞による極めて緩やかな加圧過渡、異常過渡時の非常に短い被覆管高温持続時間、およびプラント制御系による異常過渡挙動の緩和という安全上の特徴が明らかにされている。

第6章は冷却材喪失事故解析について述べている。ブローダウンにより燃料棒が冷却されるため、再冠水時の最高被覆管温度が低減されるとしている。放出蒸気の圧力抑制プール中での水頭損失が再冠水速度および最高被覆管温度に影響を与えている。自動減圧弁の作動条件によっては、小破断の上限付近が大破断より厳しくなるとしている。

第7章は異常過渡時スクラム失敗解析について述べている。流量変化や反応度投入に対する出力の自己制御性と超臨界圧時の良好な特性により、スクラム失敗の代替操作を行わなくても判断基準が余裕をもって満たされるという、スーパー軽水炉固有の優れた安全特性が示されている。代替操作として炉心減圧を行うと最高被覆管温度が更に低下することが示されている。

第8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軽水炉の特徴を踏まえて安全設計と安全解析を行いその安全上の特徴を体系的に明らかにしている。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。