

Title	次世代加圧水型原子炉のシステム設計と運用の高度化に関する研究(Abstract_要旨)
Author(s)	辻倉, 米蔵
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2000-01-24
URL	http://hdl.handle.net/2433/181210
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏名	辻 倉 米 蔵
学位(専攻分野)	博士 (エネルギー科学)
学位記番号	論エネ博第10号
学位授与の日付	平成12年1月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	次世代加圧水型原子炉のシステム設計と運用の高度化に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 神田啓治 教授 塩津正博 教授 芹澤昭示

論文内容の要旨

本論文は、将来を展望した設計要求を真に充足した次世代加圧水型原子炉(PWR)の開発を目的として、次世代PWRの有るべき姿を明らかにすると共に、それを具体化するための新しい体系的な設計手法および運用面での高速化の成立性について研究したもので、得られた主な成果は以下の通りである。

第1章の序論では、軽水炉利用の長期化を踏まえ、次世代PWR開発の必要性や開発に当たっての問題点を概括している。また、本論文の概略についても記述している。

第2章では、次世代炉開発に向けて、まず国内外の動向を展望している。その結果、欧米においてはユーザーから出された設計要求を調査検討し、それを具体化するためのプログラムが計画的に進められていることを示した。また、そのような設計要求の社会的背景に考察を加え、我が国の背景との相違を明らかにした。このような調査結果を踏まえ、我が国における次世代PWRの設計要求を、国の検討に加え、自らの調査研究により明らかにして、設計要求として纏めている。さらに、この設計要求を具体的な次世代PWRの設計仕様を展開するため、設計要求と設計仕様の相関マトリックスを作成することにより、望ましい仕様を抽出して、基本仕様の具体化を図った。

また、これらの基本仕様を満たす具体的なシステム構成や開発すべき重要な技術要件および開発における課題を明らかにした。

第3章では、次世代PWRについて、運用面における高度化の重要な課題である長期運転サイクルの可能性についての研究を述べている。次世代PWRに対してプラントの運用効率向上の観点から、長期運転サイクル化により、利用率の向上、定期検査頻度の減少による経済性の向上などが強く求められている。世界各国の電力需要と長期運転サイクルの実績調査から、長期運転サイクルは、各国の負荷需要に応じた適切な時期に定期検査が実施できるように、それぞれの国の運用に適した運転サイクルを選定していることを明らかにした。日本は、夏冬2ピーク型の負荷パターンであるので、春秋定期検査が望ましく、現在の13ヶ月運転サイクルを長期化するにあたっては18ヶ月又は24ヶ月運転が望ましいことを明らかにした。

このような設計要求に対して、炉心の安全解析やプラントを構成する設備の24ヶ月運転に対する健全性評価により、次世代PWRの炉心や機器の健全性が問題なく成立することを明らかにした。さらに、長期運転サイクルの経済性について設備利用率、保守、定期検査費用や燃料サイクルコストなど多岐にわたる関連パラメータについて定量的に評価し、経済性向上に極めて効果的であることを明らかにした。また、今後の課題として、経済性の観点から長期運転サイクルに移行するに当たり、留意すべき要因として、定期検査期間の短縮、補修費用の抑制に加え、燃料の高燃焼度化による燃料サイクルコストの低減が、発電原価を抑制していく上で重要であることを明らかにした。

第4章では、安全設計を合理的に構築するため、その設計方法として包括的方法論について提案している。次世代炉の安全設備の設計に当たっては、安全性の規制要求や設計要求に適合することは勿論であるが、同時に経済性、運用性に優れた安全設計にする必要性を論じた。そのため、安全設計の構築方策について客観性のある体系化を目指し、安全設計の包括的方法論の骨格を形成した。まず、安全設計の包括的方法論の全体概念を構築し、それに基づく設計手順を明らかにした。その第1ステップとして、事故時の事象分析に基づき事故緩和系に対して考慮すべき事象を明らかにした。この分析を受

けて、事故時の炉心冷却を達成するうえで最も厳しい冷却水喪失事故（LOCA）を例に取り、安全設計の枢要システムである事故緩和系について、新しい事故緩和系を構築する際に必要となる除熱要求の概念を明らかにした。さらに、それを、事故緩和設備が無い状態での事故解析を行うことにより、包括的方法論の重要なステップを定量的に具体化した。また、具体的な事故緩和系を構成する候補となる系を抽出し、炉心冷却のための対策を体系的に行った。これらの成果に基づき、事故緩和系への除熱要求と抽出された選択肢から事故緩和系を構築する設計体系の骨格を構築した。

ここで提案された安全設計の包括的方法論は新しく安全設計を構築するうえで、強力なツールとして有効に寄与することが期待できる。

第5章では、事故緩和系の構築に対する確率論安全性評価手法（PSA）の適用について検討している。事故緩和系を構築するに当たり、事故の拡大を制限して速やかに収束させる等の本来、事故緩和系の具備すべき機能が確保されることは勿論であるが、これに加えて、事故時に確実にその機能が発揮できるよう、高い信頼性を事故緩和系に付与することが重要である。そのため、事故緩和系の種類によってその系の信頼性がどのような特徴を有しているのかについて、事故緩和系を構成する種々の代表的な系について、PSAの重要度評価を行った。さらに、この知見を踏まえて、動的機器の多重化や静的機器の導入を図った改善案を作成し、PSAによる比較検討を行い改善方策と信頼性向上の効果を定量的に明らかにした。併せて、多重化による信頼性の改善効果の限界について、PSA評価により明らかにした。

これらの設計情報を活用することにより、事故緩和系の設計に当たって、設計者が多くの事故緩和系の選択肢から適切な信頼性の持った系を選択し、それをを用いて全体の安全性の構築をすることを可能とした。

また、主として、完成した安全設計の総合評価として用いられてきたPSAを、安全設計の構築ツールとして有効に活用できることを示した。

第6章の結論では、本論文の成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、次世代加圧水型原子炉（PWR）として将来を展望した設計要求を充足した原子炉の開発を目的とし、次世代PWRのあるべき姿を明らかにすると共にそれを具体化するための設計手法および運用面での高度化の成立性に関する研究成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 次世代PWRの開発について、欧米や我が国の設計要求を社会的背景をも踏まえて、そのあるべき姿を明らかにした。さらに、この設計要求を設計仕様との関連マトリックスを作成し具体的な基本仕様を確立した。

2. 次世代PWRの運用面での高度化の課題である長期運転サイクルの成立性について検討を加えた。長期運転サイクルの期間は現在の13ヶ月から24ヶ月へ延長することが可能であること、さらに、炉心の安全性、設備の健全性および運用の経済性について解析することにより、その成立性を定量的に明らかにした。長期運転サイクル化は経済性からみても極めて効果が大きいことを明らかにした。

3. 次世代PWRの安全設計を構築するに当たり、その設計方法として包括的方法論を提案した。すなわち、次世代PWRの安全設計に当たり、高い安全性を確保することに加えて、安全設備の信頼性や経済性など多様な設計要求に応えることが必要である。このため、安全設計の包括的方法論の全体概念を構築し、その設計手順を明らかにした。その一例をあげると、安全設計の枢要システムである事故緩和系について、新しい事故緩和系を構築する際に必要となる除熱要求を明らかにした。

4. 次世代PWRの事故緩和系の構築に当たり、確率的な安全評価手法（PSA）を代表的な事故緩和手段に適用することによって、それらの持つ信頼性の特性を明らかにした。特に、動的機器、静的機器の信頼性の特性や冗長性による信頼性の向上限界を明らかにした。このような設計情報を活用することにより、多くの事故緩和系の選択肢から適切な信頼性を持った系の選択と、それをを用いた全体の安全系を構築することを可能とした。

以上、要するに本論文は次世代PWRについて多角的に研究し進むべき道を示したもので、学問上および実績上エネルギー科学分野に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年12月6日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。