

Title	Integrity of cladding and structural materials in nuclear reactor
Author(s)	西崎, 崇徳
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44235
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	にし ぎま たかのり 西 崎 崇 徳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 17859 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科原子力工学専攻
学位論文名	Integrity of cladding and structural materials in nuclear reactor (原子炉被覆管および構造材の健全性に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 山中 伸介 (副査) 教授 西嶋 茂宏 助教授 山本 孝夫 助教授 宇埜 正美

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、原子力発電における燃料の高燃焼度化および構造材の高経年化に際して原子炉の健全性を損なう恐れのある諸要因を多角的に評価し、以って原子炉の安全性の向上に資することを目的としている。本論文は以下の四章から構成される。

第一章では、導入部として本研究の背景と目的について述べた。世界的に急増する電力需要とそれに伴う地球温暖化の防止に向けた国際的な取組みの中で原子力発電の担うべき役割について述べ、現在および将来にわたって原子力発電に求められる技術的な課題として、核燃料の高燃焼度化と原子炉構造材の高経年化への対策が重要であることを指摘した。

第二章では、高燃焼度時に予想される燃料被覆管への水素吸収量の増大が水素脆化による被覆管材料の大幅な強度低下を引き起こす懸念があることから、高燃焼度時の信頼性向上に向けた対策の一環として、被覆管の腐食に伴って生成するジルコニウム酸化物中での侵入水素の化学状態に関する研究について述べた。水素添加ジルコニア薄膜中における水素の化学状態を光電気化学的手法と X 線光電子分光法により実験的に測定し、また第一原理分子軌道法を用いた量子化学計算によって解析した。その結果、添加された水素は禁止帯内に局在して光学的ギャップ幅を減少させるが、水素添加による周囲の化学結合の変化は極めて小さく、純ジルコニアは水素の侵入に対して有効な障壁にはならないことを指摘した。

第三章では、高経年化した原子炉構造材料の健全性評価のための技術開発の一環として、加圧水型原子炉において一次冷却系配管などの構造上重要な箇所でも広く利用されている二相ステンレス鋼の熱時効に関する研究について述べた。二相ステンレス鋼は熱時効に伴うスピノーダル分解によって材料性能が低下するが、構造上その取替え等が困難なため非破壊的手法でその場観察ができる工学的検査法が必要となる。熱時効によって濃度変調を起こしたフェライト相を模擬した鉄・クロム・ニッケル三元合金を作製し、熱起電力法と超音波音速測定法を用いた非破壊検査技術により熱時効の影響を測定し、また電子状態計算および理論モデルによってその変化を予測した。その結果、熱起電力法および超音波音速測定法によって材料中の微細な変化を鋭敏に測定でき、また電子状態計算に基づく理論的解析からその変化を再現・予測できることが示された。これらの手法は二相ステンレス鋼の非破壊検査技術として有効であることを指摘した。

第四章は結論であり、本研究で得られた成果を要約した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、原子力発電における燃料の高燃焼度化および構造材の高経年化に際して原子炉の健全性を損なう恐れのある諸要因を多角的に評価し、以って原子炉の安全性の向上に資することを目的としている。世界的に急増する電力需要とそれに伴う地球温暖化の防止に向けた国際的な取組みの中で原子力発電の重要性は増大しているが、現在および将来にわたって原子力発電が解決すべき技術的課題も多い。本論分は、これらの技術的課題の中で核燃料の高燃焼度化と原子炉構造材の高経年化への対策を取り上げ、その解決に向けた研究の成果をまとめたものである。

主な成果は以下のように要約できる。

高燃焼度時の信頼性向上に向けた対策の一環として、被覆管の腐食に伴って生成するジルコニウム酸化物中での侵入水素の化学状態に関する研究を行い、添加された水素は禁止帯内に局在して光学的ギャップ幅を減少させるが水素添加による周囲の化学結合の変化は極めて小さいことから、純ジルコニアは水素の侵入に対して有効な障壁にはならないことを明らかにしている。

高経年化した原子炉構造材料の健全性評価のための技術開発としては、二相ステンレス鋼の熱時効を非破壊的手法で評価できる工学的検査法に関する研究を行い、熱起電力法および超音波音速測定法によって材料中の微細な変化を鋭敏に測定でき、また電子状態計算に基づく理論的解析からその変化を再現・予測できることから、これらの手法が二相ステンレス鋼の非破壊検査技術として有効であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は原子炉被覆管及び構造材の健全性の向上と評価に関して、重要な知見を与えている。さらに、酸化物や金属材料の電子構造に関して多くの基礎的知見を提供している。これらの知見は、原子力工学及び材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。