



Title	環境制御による沸騰水型原子炉用オーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ抑制に関する研究
Author(s)	菊池, 英二
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39481
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	菊 池 英 二
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 9 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 28 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	環境制御による沸騰水型原子炉用オーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ抑制に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 柴田 俊夫 教授 佐分利敏雄 教授 原 茂太 教授 向井 喜彦 教授 桂 正弘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、沸騰水型原子炉（BWR）プラントにおけるオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ（SCC）現象の解明、及びその機構解明と水質環境制御による SCC 抑制効果の評価ならびに実機における SCC 防止技術の確立を目的として行った研究をまとめたものである。

第 1 章においては、沸騰水型原子炉プラントにおける SCC 事例と歴史的背景、および従来の研究の総括を行い、本研究の目的を述べている。

第 2 章では、実機の腐食環境を実験的に模擬した条件下で、鋭敏化 SUS304 鋼の粒界応力腐食割れ（IGSCC）及び腐食電位に及ぼす環境因子の影響を検討し、その結果溶存酸素、過酸化水素などの酸化剤の存在が IGSCC を発生させ、さらに不純物アニオンは SCC 発生を加速することを明らかにしている。

第 3 章では、SCC 発生のおしきい値の評価法として繰り返し低ひずみ速度試験法（SSRT）を提案し、本方法を用いて IGSCC 発生に対する溶存酸素および過酸化水素濃度のしきい値評価を行っている。

第 4 章では、BWR 起動時模擬環境下における IGSCC に及ぼす脱気の影響を繰り返し SSRT によって検討している。通常の炉水質では IGSCC に及ぼす過渡運転の影響は少ないが、異常水質の場合には過渡運転の影響は大きく、また脱気運転による IGSCC の抑制効果の大きいことを明らかにしている。

第 5 章では、海水リーク等によるイオン種の混入を模擬した環境条件下での、各種オーステナイト系ステンレス鋼の高温水耐 IGSCC 性を統計的手法によって評価している。その結果、樹脂混入による pH 低下等の実機水質の悪化により、IGSCC が著しく加速されることを定量的に明らかにし、IGSCC 防止における環境管理の重要性を明確にしている。

第 6 章では、実機にみられる高温水 SCC 事例が、活性経路型（APC）SCC であるか、あるいは水素脆性型（HE）SCC であるかを明らかにすることを目的として、鋭敏化 SUS304 鋼の IGSCC に及ぼす電位の影響を検討し、BWR 環境下における IGSCC は APC 型 SCC であることを明らかにしている。

第 7 章では、APC 型 SCC 機構に基づく皮膜破壊モデルを提案し、このモデルの妥当性を検討するために、高温水環境下での活性溶解及び再不動態化挙動を電位パルス法及び急速歪電極法により検討し、活性溶解および再不動態化挙動の解析によってき裂進展速度を予測できることを明らかにしている。

第 8 章では、第 2 章から第 7 章で得られた成果に基づいて、既設プラント及び将来プラントに適用する SCC 防止

技術について考察し、起動時脱気運転、水素注入運転、その他各種水質改善、応力除去改善対策の適用条件と限界を明確にしている。

第9章において、本論文の総括を行うとともに、結論について述べている。

論文審査の結果の要旨

我が国の原子力発電は総発電量の3割に達し、電力エネルギーの安定供給のためにも原子力発電プラントの安定操業は極めて重要である。本研究はBWRプラントにおけるオーステナイト系ステンレス鋼のSCCの機構解明と水質環境制御によるSCC抑制効果の評価ならびに実機におけるSCC防止技術の確立を目的として行った研究をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

- (1) 実機の腐食環境を実験室的に模擬した条件下で鋭敏化SUS304鋼のIGSCC及び腐食電位に及ぼす環境因子（酸素、過酸化水素、不純物アニオン、 γ 線照射）の影響を検討し、溶存酸素、過酸化水素などの酸化剤がIGSCCを生じさせること、さらに不純物アニオン、とくに硫酸イオンの共存によってIGSCC発生が著しく促進されることを明らかにしている。
- (2) 繰り返しSSRT法がSCC発生条件を定量的に決定する手法として優れていることを明らかにするとともに、この繰り返しSSRT法によって、IGSCC発生に対する溶存酸素濃度および過酸化水素濃度のしきい値を決定している。溶存酸素濃度のIGSCC発生に対するしきい値は過酸化水素の存在によって低濃度へ移行することを明らかにしている。BWR起動時を模擬した条件を用いて、鋭敏化304ステンレス鋼のIGSCCに及ぼす脱気運転の効果を解析し、通常炉水水質では脱気運転の効果は少ないが、アニオン濃度の増加やpH低下などの異常水質条件においては脱気運転によるIGSCC抑制効果が極めて大きくなることを見出している。
- (3) 各種オーステナイト系ステンレス鋼のSCC破断寿命分布に及ぼす環境条件の影響を統計的手法により解析し、水質の悪化によるSCC加速効果を定量的に示している。
- (4) BWR環境条件における鋭敏化304ステンレス鋼のIGSCCがAPC型機構によって進行することを明らかにし、皮膜破壊を考慮したAPC機構モデルを提案している。皮膜破壊モデルから導いたSCCき裂伝播速度式が実測のき裂伝播速度とよく一致することを示している。
- (5) 本研究で得られた成果を、BWR原子力発電プラントに適用する条件について考察し、これらの考察に基づいて実際のプラントに適用するSCC防止運転条件を提案している。またこの対策を実機に適用して有効であることを確認している。

以上のように本論文は、沸騰水型原子力発電プラントの安全性および信頼性を向上させるために、炉材料として用いられるオーステナイト系ステンレス鋼のSCC発生に及ぼす環境因子の役割を明らかにし、この結果に基づいてSCC発生を抑制する水質管理ならびに運転条件を提案し実機でその効果を確認しており、環境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。