

Cr コーティング Zr 合金の腐食特性に及ぼす照射の影響

Effect of Irradiation on Corrosion Behavior of Cr Coated Zircaloy

井岡 郁夫¹⁾ 佐藤 智徳¹⁾ モハマド アフィカ¹⁾ 山下 真一郎¹⁾

Ikuo IOKA Tomonori SATO Afifa B. Mohamad Shinichiro YAMASHITA

¹⁾原子力機構

（概要）

事故耐性燃料被覆管として開発が進められている Cr コーティング Zr 合金 (Cr-coated Zry) のイオン照射を行い、既存軽水炉環境を模擬した照射下での Cr-coated Zry の健全性を確認するため、電気化学腐食試験により照射後腐食特性変化の評価を進めた。

キーワード：事故耐性燃料被覆管、Cr コーティング、Zr 合金、イオン照射、電気化学腐食

1. 目的

原子力の安全性向上の観点から、軽水炉において事故が発生した際、事象の進展を抑制または緩和する、いわゆる「事故耐性燃料」(Accident Tolerant Fuel : ATF) として、Cr コーティング Zr 合金 (Cr-coated Zry)、改良ステンレス鋼 (FeCrAl-ODS)、SiC/SiC 複合材料の開発が世界的に進められている。特に、Cr-coated Zry 被覆管は既存の Zr 合金被覆管に Cr をコーティングした被覆管で、欧米を中心に精力的に開発が進められている。国内では PWR プラントの再稼働が進んでいる状況にあり、より早期に事故耐性燃料を実機導入することで安全性向上に貢献することが期待できる。このような状況を踏まえ、国内外の技術開発状況の調査より、PWR 用にコーティング層の密着性が優れた Cr-coated Zry 被覆管の開発を進めており、高温水中耐食性、機械的特性、事故時の耐性等を評価している[1, 2]。

本研究では、実用化に向けて今後必要となる Cr-coated Zry 被覆管の照射後挙動を先行的に把握することを目的に、開発中の Cr-coated Zry 被覆管のコーティング層にイオン照射を施し、照射後の Cr コーティング層の腐食特性を電気化学的手法により評価する。

2. 実施方法

イオン照射実験に用いた Cr-coated Zry 試験片は、直径約 10mm、厚さ約 0.6mm の Zr 合金円板の両表面にスパッタリングにより約 5 μ m の Cr コーティングを施したものである。試験片は高崎量子研究所の TIARA の 3MV タンデム加速器により、試験片の表面方向から 12 MeV Au を用いて 10dpa (表面から 1 μ m 深さ位置での照射量) まで照射した。照射温度は約 350℃で、過加熱とならないように照射ステージを水冷し、照射中は試験片温度を熱電対及び放射温度計により監視した。電気化学腐食試験では、材料の腐食挙動を評価するパラメータとして、腐食電位測定、アノードおよびカソード分極曲線測定、電気化学インピーダンス測定などにより評価する。これらのパラメータを高温水中でその場測定することにより表面の腐食挙動の時間変化などの情報を取得できる。イオン照射を行った Cr-Zry に関してこれらの高温水中試験を実施し、非照射材との比較により、腐食挙動への照射影響を把握する。代表的な試験条件を表 1 に示す。

表 1 代表的な試験条件

	加圧水型軽水炉
温度	325℃
圧力	15MPa
溶存酸素濃度	0ppm (無添加)
溶存水素濃度	0 – 1.6ppm (大気圧 純水素飽和)
薬剤添加	LiOH、H ₃ BO ₃

3. 結果及び考察、今後の展開等

イオン照射により電気化学用試験材を作製し、電気化学腐食試験の準備を進めた。電気化学腐食試験において、もっとも難しいと考えられるのは、電気化学信号を外部に取出し、測定器に導くために必要な電極線の設置である。通常の高温水中電気化学試験では、試験片の共材のワイヤを PTFE 被覆したものを電極にスポット溶接する。本来なら、純 Cr をリード線として使用するのが理想的であるが、固くもろい Cr の機械的特性から、純 Cr 線を作成することは非常に困難である。そこで、Cr に比較的電気化学的挙動が近く、Cr に密着性のいい物質をリード線とする必要があるため、その検討を行った。また、電極形状も検討が必要である。

4. 引用(参照)文献等

- [1] 村上ら、「早期実用化に向けたPWR向け事故耐性燃料被覆管（コーティング被覆管）の開発（1）開発コンセプト及び開発状況について」日本原子力学会2020秋の年会, 1E03.
- [2] N.Murakaami, et.al., "Development status of Cr coated zirconium alloy fuel cladding as an accident tolerant fuel for PWRs", 10th Annual EPRI/DOE/INL Joint Workshop on Accident Tolerant Fuel, March 30-April 1, 2021 (WebEx meeting).