改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発(2)
(6) トリチウム透過特性・水蒸気酸化特性

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings (2)

(6) Tritium permeability and high temperature steam oxidation properties

*高橋克仁 [1], 坂本　寛 [1], 大塚哲平 [2], 鵜飼重治 [3], 平井　睦 [1], 山下真一郎 [4]

[1] 日本核燃料開発株式会社, [2] 近畿大学, [3] 北海道大学, [4] 日本原子力研究開発機構

BWR 装荷に向けて開発を行っている改良ステンレス鋼被覆管材について，トリチウム透過特性および高温水蒸気酸化特性を評価し，表面酸化膜によるトリチウム透過量の顕著な低減および優れた耐酸化性を確認した。

キーワード: 事故耐性燃料，シビアアクシデント，酸化物分散強化，トリチウム，透過，水蒸気酸化

1. 緒言 事故耐性の高い改良ステンレス鋼燃料被覆管の研究開発の一環として，開発中の FeCrAl 系 ODS フェライト鋼（以下，改良 FeCrAl-ODS 鋼と称する）の，トリチウム透過特性に与える表面酸化膜の効果および被覆管製造を模擬して加工熱処理を施した板材の高温水蒸気酸化特性について評価した。

2. 評価方法 トリチウム透過特性評価のため，改良 FeCrAl-ODS 鋼の片面に酸化膜を有した酸化膜付き試料および酸化膜の無い試料を用意した。前者は BWR 水質を模擬した 290 ℃の高温純水に 15 日間浸漬して酸化膜を形成した。これらの試料の片面（酸化膜付き試料の場合，酸化膜を有していない面）をトリチウム/軽水素比が 10^{-5} の水素ガスに暴露し，透過したトリチウムを液体シンチレーション用カクテルに捕集して透過量を測定した。

水蒸気酸化特性評価試験では，1200～1400 ℃にて加熱試験を実施して重量変化を測定した。加熱試験では Ar および水蒸気の混合ガスを 0.8 L/min（水蒸気流量：0.16 g/min）にて供給した。

3. 結果 図 1 に改良 FeCrAl-ODS 鋼のトリチウム透過特性を示す。改良 FeCrAl-ODS 鋼の 300℃（1000/T=1.75）における透過係数 ϕ は，文献値[1]と同等であった。また，酸化膜付き試料での ϕ は酸化膜なし試料と比較して顕著に小さかった。トリチウム透過量は表面酸化膜により顕著に低減されることが確認された。

図 2 に改良 FeCrAl-ODS 鋼の高温水蒸気酸化特性を示す。改良 FeCrAl-ODS 鋼の酸化速度定数 K_p は，ジルカロイ-4 の K_p[2]と比較して 1/100 未満であり，耐酸化性に優れていることが確認された。

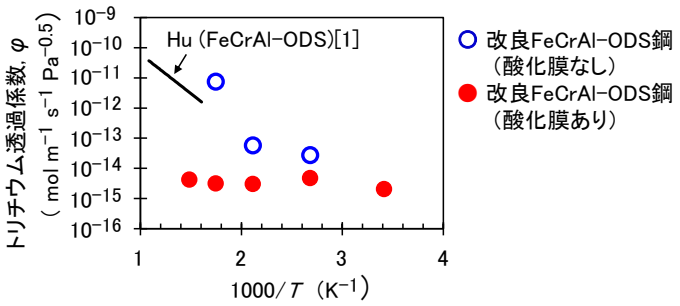

図 1 トリチウム透過特性

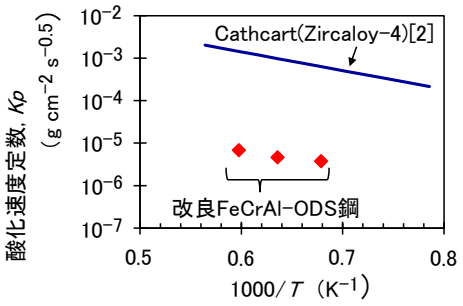

図 2 高温水蒸気酸化特性

本研究発表は，経済産業省資源エネルギー庁の平成 28 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業（安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備）の成果である。

参考文献

[1] X. Hu et al.,“Hydrogen permeation in FeCrAl alloys for LWR cladding application”, J. Nucl. Mater., 461 (2015) 282-291.

[2] J.V. Cathcart et al.,“Zirconium Metal–Water Oxidation Kinetics”, IV: Reaction Rate Studies, ORNL/NUREG-17, ORNL, 1977.

*Katsuhito Takahashi[1], Kan Sakamoto[1], Teppei Otsuka[2], Shigeharu Ukai[3], Mutsumi Hirai[1], and Shin-ichiro Yamashita[4]

[1]Nippon Nuclear Fuel Development Co., LTD., [2]KINDAI Univ., [3]Hokkaido Univ., [4]Japan Atomic Energy Agency