

BWR 使用済燃料被覆管の乾式貯蔵時における機械的特性及び微細組織に及ぼす
熱処理の影響

(3) 熱処理後の被覆管微細組織評価

Effects of Thermal Annealing on Mechanical Property and Microstructure of
BWR Spent Fuel Cladding during Dry Storage

(3) Evaluation of Microstructure of Annealed Spent Fuel Cladding

*横山 博紀¹、坂本 寛¹、三浦 祐典¹、青見 雅樹²、清水 仁³、石岡 真一³

山田 大智⁴、島 晃洋⁴、手塚 英志⁴

¹NFD、²GNF-J、³日立 GE、⁴東京電力 HD

9×9 燃料（BWR55GWd/t 型）の乾式貯蔵適用性に係る評価の一環として、330 °C-360 °Cで最大 8000 h 加熱した 9×9 燃料の照射燃料被覆管について、熱処理による微細組織変化とそれに伴う機械的特性の変化を透過型電子顕微鏡（TEM）観察及び X 線回折（XRD）を用いて調査した。本試験条件では、a 成分転位の回復と機械的特性の変化に相関があり、硬さ測定結果から評価した回復挙動と一致する傾向が確認された。

キーワード： 9×9 燃料被覆管、乾式貯蔵、長期健全性、XRD 測定、TEM 観察、照射硬化回復

1. 緒言 乾式貯蔵時の 9×9 燃料の照射硬化回復挙動検討の一環として、熱処理した使用済 9×9 燃料被覆管試験片に対して TEM 観察及び XRD 測定を行い、熱処理による機械的特性の変化と微細組織変化の関係について検討した。

2. 実施方法 商用炉で 5 サイクル照射された 9×9 燃料被覆管を供試材とした。TEM 観察では、非熱処理材及び 360 °C×8000 h の熱処理を行った試料を用い、観察及び評価を行った。XRD 測定では、非熱処理材（照射まま材）、330 °C及び 360 °Cで 8000 h の熱処理を行った試料を対象とした。照射欠陥の回復に伴う回折ピークのブロードニング程度の変化を半値幅測定により評価した。これらの結果を、機械的試験で得られた回復挙動と比較した。

3. 結果 TEM 観察は、柱面に形成する a 成分転位に着目して行い、熱処理前後の a 成分転位について評価した。熱処理によって微細な a 成分転位は縮小し、比較的粗大であった a 成分転位は更に粗大化した。それにより、a 成分転位のサイズは大きくなり、数密度は低下した。また、XRD 測定では、柱面に形成する a 成分転位、底面に形成する c 成分転位の回折ピークに寄与する割合がそれぞれ異なる回折面を選定し、半値幅から回復率（非熱処理材（照射まま材）と未照射材の差に対する、非熱処理材（照射まま材）と当該熱処理材の差の割合）を評価した。評価した回復率を比較すると、a 成分転位の寄与が大きい回折面から評価した回復率は、熱処理温度が高い方が大きくなり、硬さ測定から評価した強度の回復の傾向と一致した。

これらの結果から、本試験における熱処理条件の範囲内では、主に a 成分転位の回復が機械的特性の変化に寄与していることが示唆された。

表 各回折ピークの半値幅から評価した
回復率（8000 h の熱処理）

回折面	熱処理温度	
	330 °C	360 °C
(100)	0. 42	0. 50
(201)	0. 29	0. 33

* Hiroki Yokoyama¹, Kan Sakamoto¹, Yusuke Miura¹, Masaki Aomi², Masashi Shimizu³, Shinichi Ishioka³,
Daichi Yamada⁴, Akihiro Shima⁴, Hideshi Tezuka⁴ ¹NFD, ²GNF-J, ³Hitachi GE, ⁴TEPCO