

国内 PWR プラントの原子炉圧力容器廃炉材の照射脆化挙動の評価

(1) 溶質原子クラスタ形成状況の評価

Evaluation of irradiation embrittlement of a harvested reactor pressure vessel material from a domestic PWR plant

(1) Investigation of solute atom cluster formation

*大厩 徹, 三浦 照光, 藤井 克彦, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

国内 PWR プラントの原子炉圧力容器廃炉材 (A533B Cl.1、Cu 含有量 0.12wt.%, 照射量 $2.9 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$) について、3 次元アトムプローブにより溶質原子クラスタの形成状況の評価した。その結果、Cu 原子を主体とする溶質原子クラスタの形成が確認され、その体積率は国内監視試験片のデータベースの範囲内であることが確認された。また溶質原子クラスタの形成状況を当該プラントの監視試験片と比較した結果、類似の性状となっていることが確認された。

キーワード：原子炉圧力容器，照射脆化，廃炉材，溶質原子クラスタ

1. 緒言

原子炉圧力容器(RPV)の照射脆化については、炉内で照射された監視試験片のミクロ組織分析により溶質原子クラスタや転位ループの形成といった中性子照射に伴うミクロ組織変化について知見拡充が進められ、これらの知見を踏まえて遷移温度移行量を評価する国内脆化予測法 Rev.2^[1]が策定された。一方、廃止措置段階の PWR プラントより RPV 胴部内表面から少量の母材部を含むボートサンプル(以下、廃炉材)が採取され、残存放射能調査が行われた。この廃炉材のミクロ組織を調べ、中性子照射に伴うミクロ組織変化に関する現状知見の妥当性を確認することが望ましい。本報告では、廃炉材の 3 次元アトムプローブ(APT)測定により溶質原子クラスタの形成状況を調べると共に同 RPV の監視試験片の溶質原子クラスタの形成状況と比較した。

2. 試験

廃炉材 (A533B Cl.1、Cu 含有量 0.12wt.%, 照射量 $2.9 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$) 及び同 RPV の照射量の異なる 2 つの監視試験片 (照射量 $3.1 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$, $4.4 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$) について、集束イオンビーム加工装置(FIB)にて試料採取して針状に加工し、APT 装置(CAMECA 社製 LEAP3000XHR)を用いて電圧パルスモードにより、試料温度 50K、パルス比 0.2 で測定を行った。

3. 結果

APT 測定の結果、図 1 に示すように廃炉材及び監視試験片共に典型的な Cu クラスタが認められた。廃炉材の 74 個のクラスタの平均直径は 3.2nm、数密度は $1.6 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$ と評価された。体積率は 2.6×10^{-3} であり、その平方根は図 2 に示す通り既存の国内監視試験片のデータベース^[2]の範囲内にあった。これらの結果から、廃炉材の溶質原子クラスタの形成状況は、国内鋼材のミクロ組織変化に関する現状知見と整合していることが確認された。

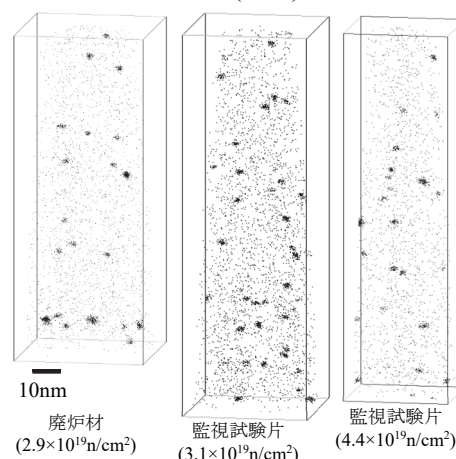


図 1 Cu 原子マップの例

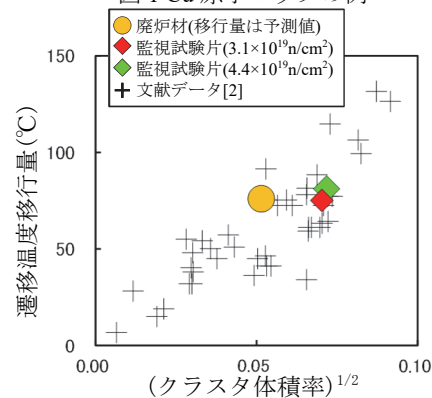


図 2 溶質原子クラスタ体積率の平方根と遷移温度移行量の相関

[1] 日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007 [2013 年追補版], (2013)

[2] 電力中央研究所 原子炉圧力容器鋼の照射脆化予測法の改良 -高照射監視試験データの予測の改善- Q12007, (2013)

*Toru Oumaya, Terumitsu Miura, Katsuhiko Fujii and Koji Fukuya
Institute of Nuclear Safety System (INSS)