

実機プラント材料分析による原子炉容器照射脆化評価技術実習 (3) 溶質原子クラスタ探索や評価の論理

Evaluation technique training of reactor vessel irradiation embrittlement using actual plant material

(3) On the searching and characterization of solute atom clusters

*村上 健太¹, 陳東鉞², 西田 憲二³

¹長岡技科大, ²東大, ³電中研

溶質原子クラスタの探索や評価の論理に基づいて探索パラメータの感度分析を実習するため、配布可能なクラスタ探索コードを作成して、模擬データを使った演習を行った。模擬データの作成にあたっては、実習で得られた国内監視試験材の観察結果を考慮した。

キーワード：原子炉圧力容器，照射脆化，アトムプローブ

1. 緒言

アトムプローブ分析の結果を原子炉圧力容器の健全性評価につなげるには、取得した原子の位置情報に基づいて溶質原子が濃化している領域を抽出し、溶質原子クラスタを定量化する必要がある。データ処理には分析機器メーカーが開発した専用の解析ソフトウェアが使用される。外部ユーザは実験データを持ち帰ってクラスタ探索を試行することができないから、分析を“ブラックボックス化”しないためにはクラスタ探索や評価の論理を深く理解することが不可欠である。

そこで本実習では、簡易的なクラスタ探索コードを汎用プログラミング言語で作成し、原子炉圧力容器中で観察される溶質原子クラスタの模擬データと共に配布することで、クラスタ探索を試行錯誤する機会を与えると共に、一般的に採用されている探索パラメータのロバスト性を検討してもらうことにした。

2. 実施内容

演習に使用するコードはC言語で作成した。開発に当たっては、1~2個のクラスタの抽出や評価を、汎用コンピュータを用いて数分で完了できることを目標とし、100万原子程度のデータを取り扱うことを想定した。アルゴリズムは照射脆化研究における使用実績の多い一次の maximum separation 法とした。探索の素過程である 1) コア原子の探索、2) その他の原子の包絡、3) 余分な剥ぎ取り、をそれぞれ分かり易くコーディングし、素過程間のデータの受け渡しを確認できるようにした。

模擬データの作成に当たっては、本実習で測定した国内監視試験片の測定結果等を考慮し、その特徴を反映するように工夫した。溶質原子の濃度分布関数を定義して溶質原子クラスタを含む原子マップの模擬データを作成し、様々な模擬データからクラスタを抽出する演習課題を作成した。受講者は、抽出されたクラスタが濃度分布関数の特徴を反映するよう、試行錯誤しながら探索パラメータを設定する。演習により、照射脆化現象の理解と、クラスタ探索アルゴリズムの理解を同時に深めることを期待した。

3. 結果

作成した探索コードを CAMECA 社の IVAS と比較し、同等の探索結果を得られることを確認した。

このコードを用いた実習は、2017~2019年にかけてシリーズ発表2で紹介したアトムプローブ実習と同時に実施した。また実習の簡易版を、東京大学の専門職大学院における演習にも導入した。

本実習は、経済産業省資源エネルギー庁の原子力の安全性向上を担う人材の育成事業により行われたものである。

*Kenta Murakami,¹ Chen Dongyue², Kenji Nishida³

¹Nagaoka Univ. of Tech., ²Univ. of Tokyo, ³CRIEPI