

マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書

ARIM User's Report

[Release : 2024.07.25] [Update : 2025.03.27]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23KU0057
利用課題名 Title	イオン照射した原子炉圧力容器鋼の溶質原子クラスタの組成分析
利用した実施機関 Support Institute	九州大学 / Kyushu Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
横断技術領域 Cross-Technology Area	計測・分析/Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	次世代ナノスケールマテリアル/Next-generation nanoscale materials 革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル/Materials enabling innovative energy conversion
キーワード Keywords	原子力材料,電子顕微鏡/ Electronic microscope,集束イオンビーム/ Focused ion beam,イオンミリング/ Ion milling,電子回折/ Electron diffraction

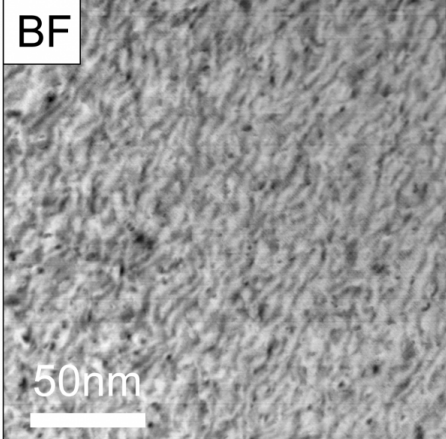
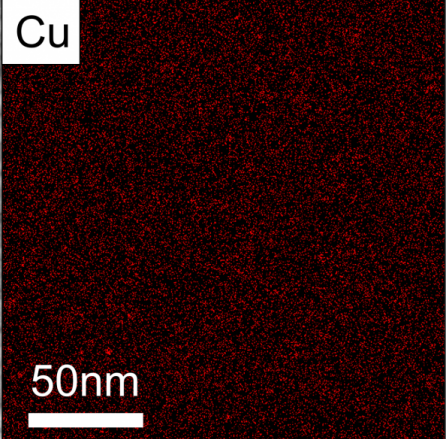
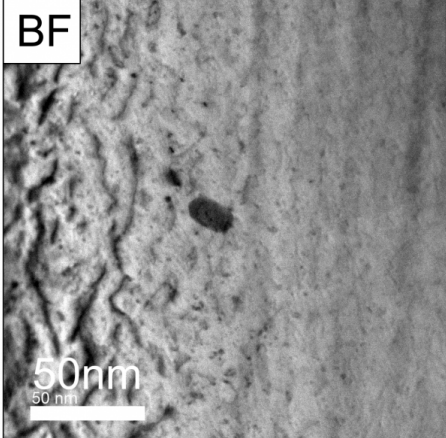
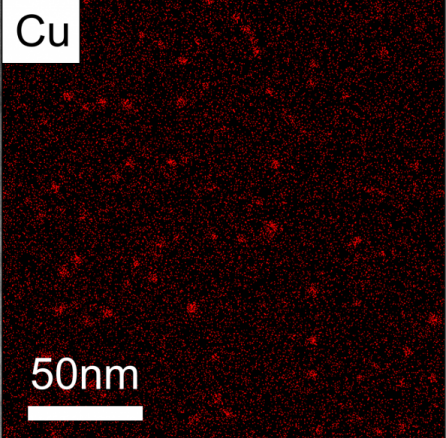
利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	福元 謙一
所属名 Affiliation	福井大学附属国際原子力工学研究所
共同利用者氏名 Names of Collaborators in Other Institutes Than Hub and Spoke Institutes	野志 勇介
ARIM実施機関支援担当者 Names of Collaborators in The Hub and Spoke Institutes	阿内 三成,前野 宏志
利用形態 Support Type	技術補助/Technical Assistance

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	KU-001 : 電子分光型超高压分析電子顕微鏡 KU-014 : Arイオン研磨装置群 KU-018 : イオンビーム・電子ビーム複合型精密加工分析装置
---------------------------------	---

報告書データ / Report

<p>概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</p>	<p>原子炉圧力容器（RPV）の照射脆化は重要な高経年化事象の一つであり、脆化メカニズムの解明が要求される。照射脆化研究では現実的な時間スケールで40年超運転相当の照射量を確保するため、試験炉を用いた加速試験が行われるが、RPVの機械的特性・微細組織変化に及ぼす損傷速度の影響ははまだ明らかではない。本研究課題では広範囲（3桁）に亘る損傷速度でプロトン照射されたRPVモデル合金のSTEM-EDS観察を行い、主要な脆化因子とされている溶質原子クラスタに及ぼす損傷速度の影響を明らかにすることを目的とする。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>試料作製 ① イオンビーム・電子ビーム複合型精密加工分析装置（Helios 5 UX）を用いた板材試料からのマイクロサンプリング・薄膜化 ② Nano MILL Model 1040を用いたFIB加工ダメージ除去 試料観察 広電圧超高感度原子分解能電子顕微鏡（JEM-ARM200CF）を用いたSTEM観察、EDS元素マッピング（選択元素：Fe、Cu、他）</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>図1に7.2×10^{-4} dpa/sで0.10dpaまでプロトン照射されたFe-0.05wt.%Cu合金（以下、HΦ材）のSTEM/EDS像を、図2に7.3×10^{-7} dpa/sで0.10dpaまでプロトン照射されたFe-0.05wt.%Cu合金（以下、LΦ材）のSTEM/EDS像を示す。Cuの濃縮部からCu濃縮析出物を評価した結果、HΦ材には平均直径 $d = 1.8\text{nm}$、数密度 $N = 1.3 \times 10^{21} \text{m}^{-3}$ のCu濃縮析出物が、LΦ材には平均直径 $d = 3.8\text{nm}$、数密度 $N = 5.0 \times 10^{22} \text{m}^{-3}$ のCu濃縮析出物が確認され、低損傷速度ほどサイズが大きく、数密度が高いCu濃縮析出物が形成されることが分かった。このような損傷速度の影響は、低損傷速度照射にて空孔寿命が長くなり、空孔機構で拡散するCuのクラスタリングが促進されたことによるものと考えられる。</p>
<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>BF</p>  <p>50nm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Cu</p>  <p>50nm</p> </div> </div> <p>図1 HΦ材のSTEM/EDS像</p>
<p>図・表・数式 2 Figures, Tables and Equations 2</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>BF</p>  <p>50nm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Cu</p>  <p>50nm</p> </div> </div> <p>図2 LΦ材のSTEM/EDS像</p>

その他・特記事項（参考文献・謝辞等） Remarks(References and Acknowledgements)	
--	--

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI（論文・プロシーディング） DOI (Publication and Proceedings)	
口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.	石脇萌、野志勇介、石神龍哉、宇田欽治、安田和弘、福元謙一、” Fe-Cu合金のCu濃縮析出物形成に及ぼす照射速度の影響” 日本金属学会春期大会（東京都市大）、令和6年3月10日
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件