

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 : 2025.06.10] [Update : 2025.04.17]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24NM0011
利用課題名 Title	透過型電子顕微鏡法による規則型ナノ細孔質物質を基とする高次複合構造体の微細構造解析
利用した実施機関 Support Institute	物質・材料研究機構 / NIMS
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	外部利用/External Use
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	計測・分析/Advanced Characterization 物質・材料合成プロセス/Molecule & Material Synthesis
重要技術領域 Important Technology Area	マルチマテリアル化技術・次世代高分子マテリアル/Multi-material technologies / Next-generation high-molecular materials 次世代ナノスケールマテリアル/Next-generation nanoscale materials
キーワード Keywords	電子顕微鏡/ Electronic microscope,核磁気共鳴/ Nuclear magnetic resonance,X 線回折/ X-ray diffraction,電子回折/ Electron diffraction,核磁気共鳴/ Nuclear magnetic resonance,異種材料接着・接合技術/ Dissimilar material adhesion/bonding technology,コンポジット材料/ Composite material,ナノ粒子/ Nanoparticles,ナノ多孔体/ Nanoporous material

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)	山崎 淳司
所属名 Affiliation	早稲田大学 創造理工学部環境資源工学科
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	松井 良夫
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	伊坂 紀子
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	NM-503 : 200kV電界放出形透過電子顕微鏡 (JEM-2100F1) NM-504 : 200kV電界放出形透過電子顕微鏡 (JEM-2100F2)
---------------------------------	--

報告書データ / Report

概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	汚染水中の有害イオンをイオン交換・吸着固定剤によって除去することが有効な解決策であるとされている。有害イオンの吸着方法としてカラムを使用した吸着方法があるが、カラムに吸着剤を入れる際はバインダーを用いて固化成形をおこなう必要がある。そのため、吸着剤自体のイオン吸着性能が低下してしまうというデメリットがある。また、有害陽イオンと陰イオンのそれぞれに対応する吸着剤が必要であり、2筒連続カラムが必要となる。そこで、本研究では陰イオン交換能を有する層状複水酸化物 (LDH) と陽イオン交換能を有するゼオライトおよびジオポリマーセメントの複合体の作製を行い、3相のナノオーダー組織を分析した。
実験 Experimental	適当濃度の水酸化ナトリウム水溶液に、ヒュームドシリカ、メタカオリン、硬化遅延剤としてグルコン酸ナトリウムを添加・混和してスラリーを調製した。これに、市販のNLDH (ナノサイズ・ハイドロタルサイト) をSiO ₂ /NLDH=1 mass/massとなるように分散混合し、乾燥機内で60~120 °C、2~24 h加熱処理し、複合体試料を作製した。試料は適当な粒度に粉碎して、メタノールに分散し、Cuマイクログリッド上に滴下して、TEM-STEM実験に供した。結晶性の良好な試料については制限視野電子回折 (SAED) パターンを取得し、その一部については高分解能TEM (HRTEM) 像を取得した。次いでSTEMモードに切り替えて、HAADF-STEM像を取得して、EDXスペクトル及び元素マッピングデータを取得した。
結果と考察 Results and Discussion	得られた試料のTEM-STEM-EDX測定から、ジオポリマー (GP)、LTA型ゼオライト (LTA)、NLDHの3相が界面を接する複合相が生成していることが確認できた。LTAは立方構造、NLDHは薄層の積層構造のそれぞれ約10 nm径の粒子をなし、非晶質のGP相がこれら2相の粒子間を充填している。元素マッピング結果から、Si、O元素はMg元素の領域内でも確認されたため、LTAとLDHが界面を傾斜接合して存在していると考えられる。
図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">図1 複合体粒子のTEM明視野像</p>

図・表・数式 2
Figures, Tables and
Equations 2

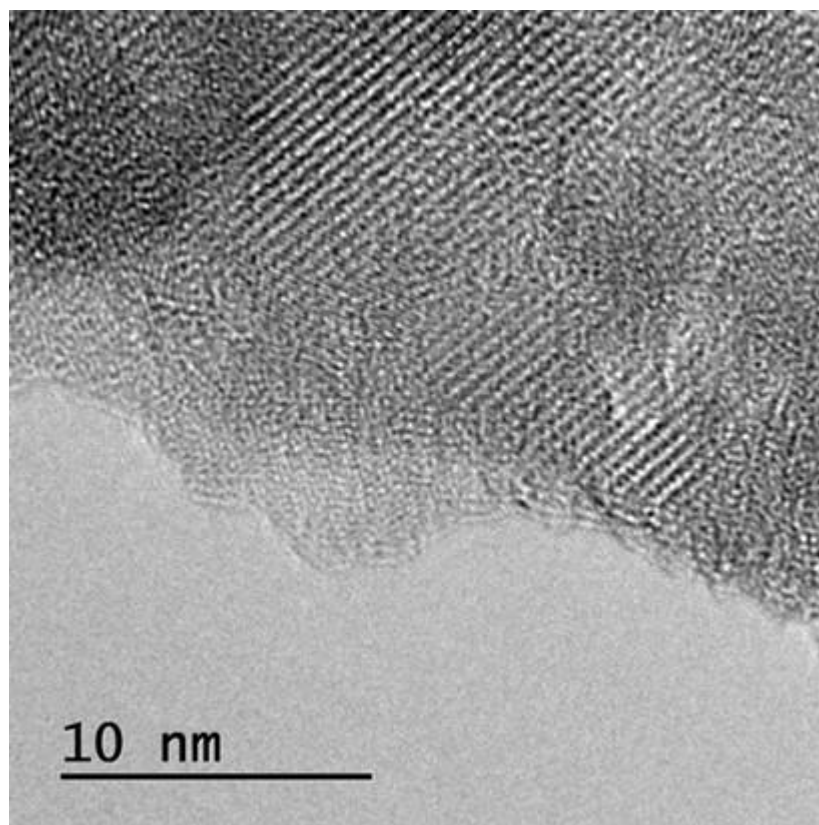


図 2 複合体粒子のHRTEM像

図・表・数式 3
Figures, Tables and
Equations 3

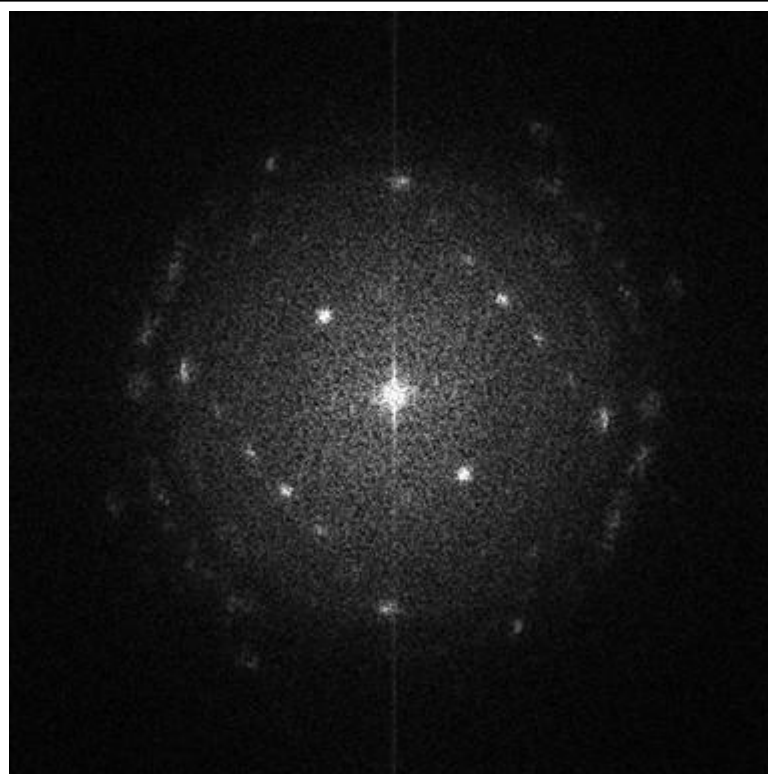
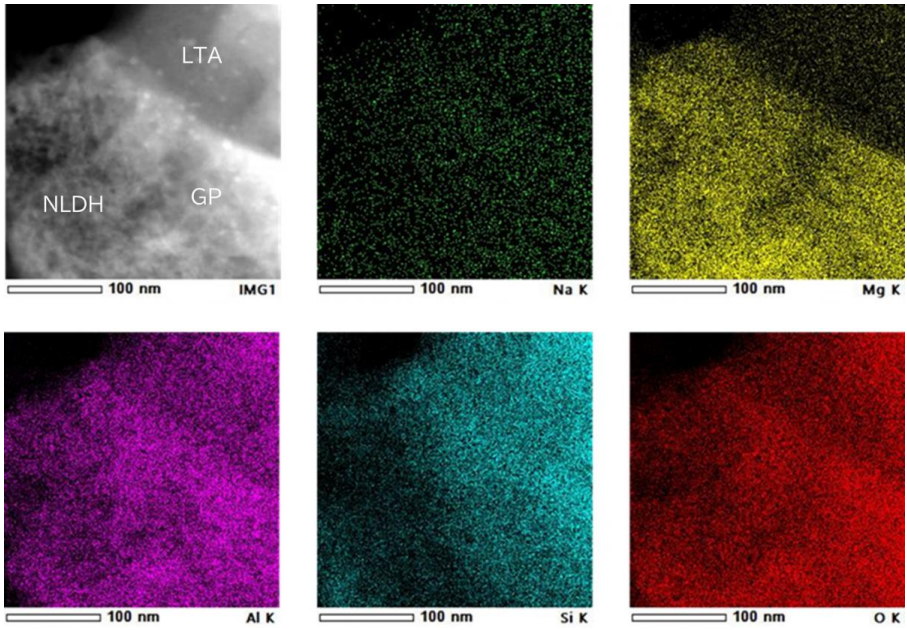


図 3 複合体粒子のLTA相のSAEDパターン

<p>図・表・数式 4 Figures, Tables and Equations 4</p>	 <p>図 4 複合体粒子の3相接合部のHAADF-STEM-EDX像</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) DOI (Publication and Proceedings)</p>	
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文 Oral Presentations etc.</p>	
<p>特許出願件数 Number of Patent Applications</p>	0件
<p>特許登録件数 Number of Registered Patents</p>	0件