

# 資源鉱物を原料とする高機能性環境浄化素材の開発

研究代表者 山崎 淳司  
(創造理工学部 環境資源工学科 教授)

## 1. 研究課題

本プロジェクト研究では、各種産業プロセスから大量に排出される鉱物質廃棄物や未利用の天然鉱物資源と、現実的なコストおよびマスパフォーマンスで投入可能な無機原料組み合わせにより、新規の環境調和型の高機能性素材を創製し実用化を目指す。具体的には、これらを原料として既存のイオン選択性や分配係数、触媒活性と異なる（または補完する）物性を有する規則的ナノメソ細孔質材料を開発し、さらにこれらの材料を効果的に用いることで、低コストで現実的な新規の土壌、排水、生活空間環境の浄化技術を提案する。さらに、本研究から2次的に発生することが予想されている物質の有効利用や、さらに他素材とハイブリッド化してさらに高機能性素材を作成するための原料とすることを検討するなど、極力環境に低負荷で省エネルギーの資源循環プロセスを提案することにより、地球環境および生活環境に調和した持続的な社会発展へ要素技術の確立に資することを研究課題としている。

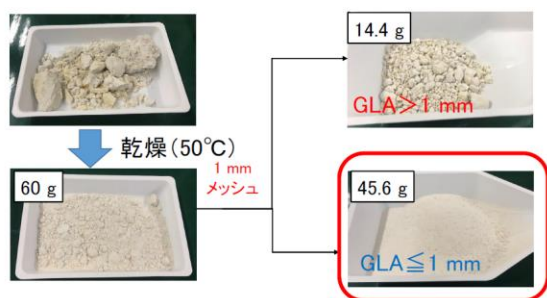
## 2. 主な研究成果

### 天然資源鉱物からの高機能性フェリエライトの OSDA free 合成

本年度は、高度利用されていない天然資源鉱物を原料として、ゼオライトの1種であるフェリエライト(IZA構造記号：FER)の簡易合成プロセスの検討を行った。フェリエライトは、理想化学組成が $\text{Na}_2\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ で示され、特徴的な2次元ナノ細孔構造による特異なイオン交換選択性と分子ふるい（モリキュラーシーブス）特性を有することから、高シリカ・フェリエライトが工業的にOSDA（有機構造規定剤）を用いて合成され、オクタン価向上剤の一つであるアミノメチルエーテル合成の原料であるイソブテン製造の触媒などに用いられている。また一方で、空気中の二酸化炭素のPSA濃縮に用いられ、ハウスや植物工場での高度農作物栽培への応用が検討されている。後者の用途では主に低シリカ・フェリアライトが用いられるが、天然鉱床は極めて少なく、グリーンかつ安価な簡易合成プロセスの構築が必要不可欠である。

そこで本研究では、市場に流通しているアルミノケイ酸塩系の天然鉱物原料を選択し、合成フェリエライトを種結晶とする水熱合成法を検討した。その結果、島根県石見産ゼオライトは $950^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 、米国ジョージア州産カオリナイトは $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ で仮焼し、さらに振動ミルでメカノケミカル摩砕してメタ化（クラスターを残したX線的に非晶質）することにより、高結晶性フェリエライト単相が水熱合成で得られた。また、島根県太田産の火山ガラス（主に石州瓦、研磨剤原料）を分級し $\phi 1\text{mm}$ 以下の非晶質細粒を、さらにメカノケミカル摩砕して活性化した（図1）。

結果として、火山ガラス細粒分を活性化したものを原料として、種結晶を添加して水熱合成することにより、市販合成フェリエライトと同様の高結晶性を有するフェリエライト単相が得られた（図2）。



GLA > 1 mm : GLA ≤ 1 mm ≒ 1 : 3の重量比割合

図1 火山ガラスの分級

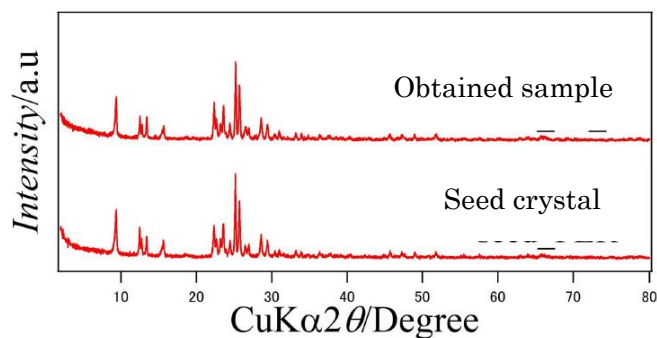


図2 フェリエライトのXRDパターン

合成フェリエライトは、約 $1\mu\text{m}$ 径の板状晶癖を示し（図3）、市販の高シリカフェリエライトと同様の $\text{Cs}^{1+}$ イオンに対する高いイオン交換選択性を示した。

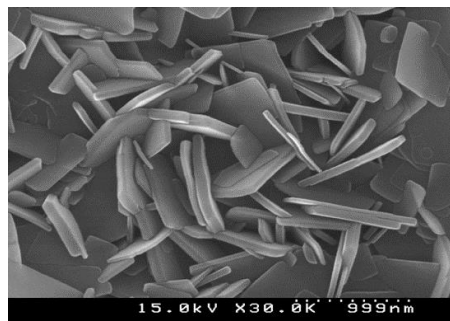


図3 合成フェリエライトのSEM像

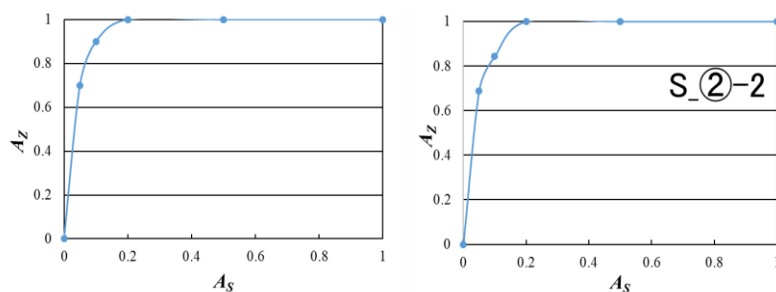


図4 フェリエライトの $\text{Cs}^{1+}$ イオン交換平衡曲線

また、本合成で得られたフェリエライトは、PSAで空気からの $\text{CO}_2$ 濃縮能があることが確かめられた。

### 3. 共同研究者

福田 恭彬（理工学研究所 招聘研究員）

安井 万奈（創造理工学部 環境資源工学科 客員次席研究員）

### 4. 研究業績

4.1 学術論文

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

#### 4.5 学会および社会的活動

日本ゼオライト学会 編集委員

日本粘土学会 会長

無機マテリアル学会 理事

#### 5. 研究活動の課題と展望

高機能性の規則型ナノ細孔質アルミノケイ酸塩物質（粘土鉱物系、ゼオライト系など）の需要は、分子ふるい剤、吸着剤、触媒、環境浄化剤などへの新規用途のみならず元素戦略上でもますます高まっている。さらに社会実装する上で、安価、簡易かつグリーンプロセスな大量合成製造法の構築は必要不可欠である。この課題を実現するために、国内に大量に賦存しかつ有望な物性を有する原料資源（火山灰土、ケイ酸質廃棄物など）の探索を進める。これにより、さらに高度な環境浄化システムとマテリアルフローの構築を目指す。