

# 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

### 2.1 廃シリコンを出発物質とする高活性 Cu 担持 Mn 酸化物型 Raney 触媒の合成

原料金属、シリコンおよびフラックスとしてアルカリハライドの混合粉末をタンマン反応管に封入し、常圧下で焼成する簡易焼結法により、各種の金属シリサイドが調製されることが知られている。本研究では、簡易焼結法で調製したマンガンシリサイド単相をさらにアルカリ処理することにより、様々な特異的なナノサイズの結晶外形と結晶構造を有する酸化マンガン微粒子であるラネー触媒を調製し、その触媒活性を調べた。

単結晶シリコンインゴットからシリコンウェハーを切断・研磨する際に発生する廃シリコン（高純度シリコン微粉末）、金属マンガン微粉、およびフラックスとして塩化カリウムの混合粉末を出発物質として、簡易焼結法により $Mn_4Si_7$ 単相粉末を合成した。この $Mn_4Si_7$ を粉砕・粒度調整し、所定量比の硝酸銅を混合した1~10M NaOH水溶液で60 °C、2 h処理することによってSi成分が選択溶出（ラネー処理）し酸化することで、Cuを担持した $Mn_3O_4$ 、 $Mn_4O_7$ などのナノ微粒子と極少量の $KMn_8O_{16}$ が生成した。ラネー処理した試料のうち、5M NaOHで調製したものは、結晶子径10~30 nmの特徴

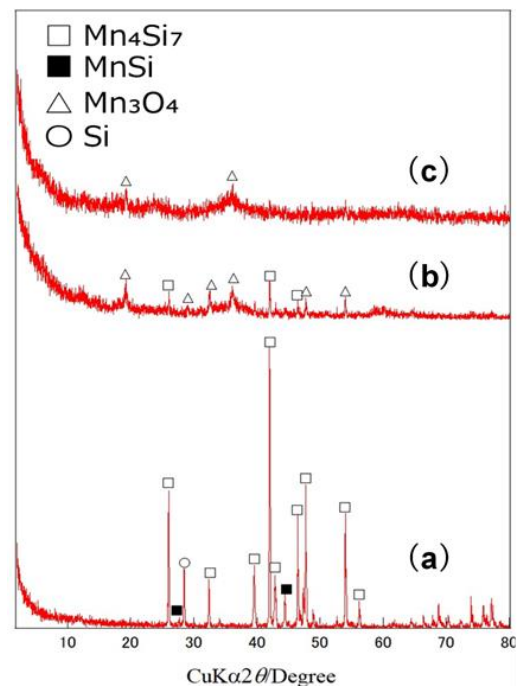


図1 Mn シリサイド(a)、5M NaOH 水溶液処理物(b)および Cu 担持 5M NaOH 水溶液処理物(c)の X 線回折図

的な薄膜状結晶の外形を示し、XRDパターン(図1)と高分解能TEM像(図2)の格子幅からCuOのナノ粒子を担持した $Mn_3O_4$ 相であることがわかった。また、約 $72\text{ m}^2/\text{g}$ の比表面積と約 $2\text{ nm}$ の細孔径を有していた。

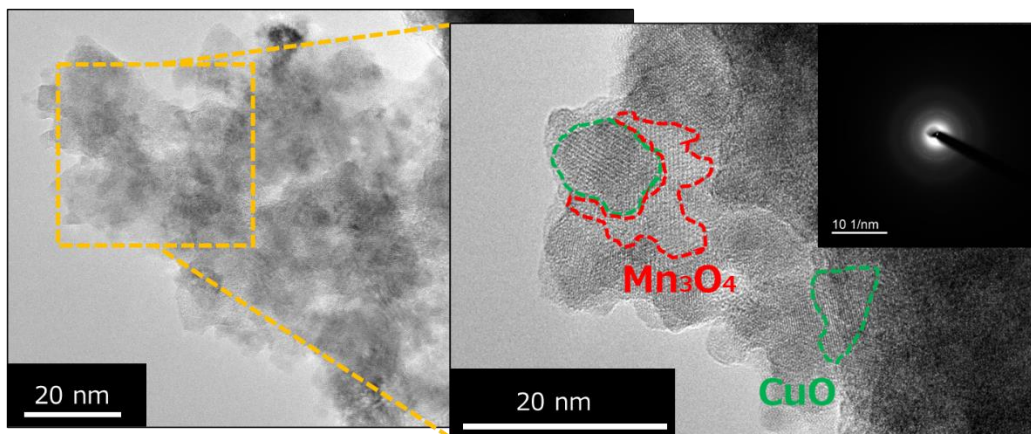


図2 Cu 担持  $Mn_3O_4$  の高分解能 TEM 明視野像

本実験で得られたCu担持酸化マンガン微粒子の触媒活性を評価するために、ベンゼンの酸化触媒分解能を調べたところ、 $5\text{ M NaOH}$ 処理した試料の活性が最も高く、 $50\%$ および $90\%$ 分解率をそれぞれ $170\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $209\text{ }^\circ\text{C}$ の比較的低温で示した(図3)。

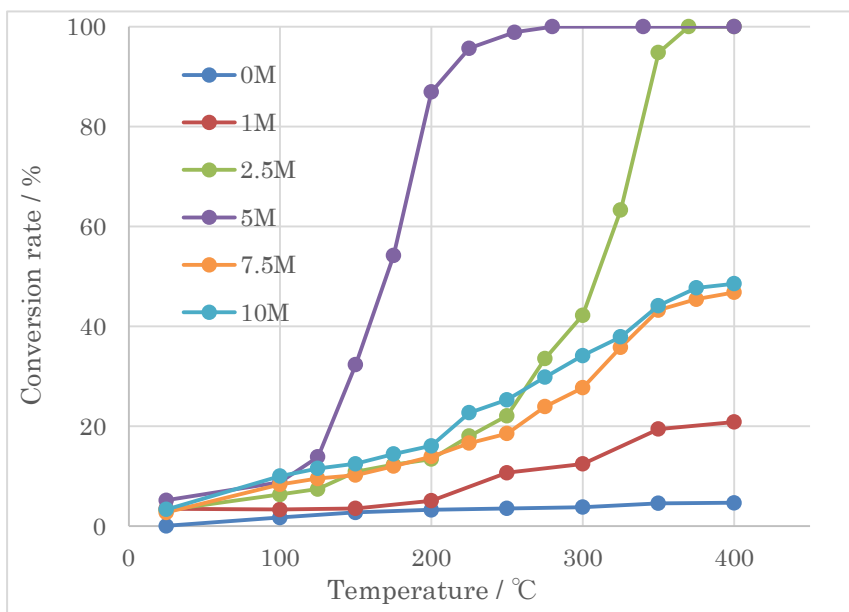


図3 各濃度でラネー処理したCu 担持 Mn 酸化物触媒のベンゼン分解活性

### 3. 共同研究者

安井 万奈 (理工学総合研究所 客員次席研究員)

本郷 照久 (理工学総合研究所 招聘研究員)

松井 良夫 (理工学総合研究所 招聘研究員)

## 4. 研究業績

### 4.1 学術論文

M. Kinoshita, T. Hongo, Y. Matsui, A. Yamazaki, *J. Ceram. Soc. Jpn*, **128 (7)**, 1424-426- (2020)

### 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

日本粘土学会 会長

無機マテリアル学会 理事

日本ゼオライト学会 編集委員

## 5. 研究活動の課題と展望

高活性でレアアース等の金属を使わない VOC など難分解性物質の分解触媒の需要は、環境浄化用途のみならず元素戦略上でもますます重要性が高まっている。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（工業プロセスからの排出物質、未利用ケイ酸塩質鉱物など）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 SDGs を実現するマテリアルフローの構築を目指す。