

研究室紹介

大阪公立大学工学研究科 物質化学生命系専攻
化学工学分野 資源工学グループ
岩崎智宏

1. 研究室の概要

物質は無機・有機やその状態・形態、利用履歴等によらず、すべて有用な資源である。各種工業製品の製造では現在でもその多くが天然由来で利用されているが、将来の資源の枯渇や偏在に伴う価格高騰などのリスク、環境保全などを考慮すると、廃棄物からの回収利用も含め、すべての資源は有効に活用しなければならない。本研究グループでは化学工学を基盤として、資源の有効利用と環境負荷を考慮した機能性材料の高効率合成プロセスに関する研究を行っている。持続可能な物質生産を行うには、入手が容易な元素をベースとすることが有効であることから、世界で広く分布する非希少元素の鉄とケイ素に着目し、これらを用いた高付加価値の機能性材料を、低コスト・低環境負荷（非加熱もしくは低温加熱・短時間・水系）プロセス、特にメカノケミカルプロセスと水熱プロセスで合成する研究を重点的に行っている。

2. 研究の内容

一般に、メカノケミカル処理を用いた材料合成では、遊星ボールミルなどにより室温で原材料の粉末に対して大きな機械的エネルギーを繰り返し作用させると、粉碎や摩砕に伴って粒子表面で格子欠陥やラジカルが生じるなどの物理化学的および結晶学的変化をもたらす、新たな化合物が生成する。これまでに多くの成果が報告されているものの、処理時間が比較的長いことや、生成物がナノ粒子であっても凝集による比表面積の低下が問題視されることもある。本研究グループではメカノケミカル処理だけで材料合成を行うのではなく、原材料に対して短時間のメカノケミカル処理を行って高活性の前駆体を調製し、これを低温で加熱することで、凝集を抑えた比表面積の比較的大きいナノ粒子材料の合成を試みている。

例えば、出発原料に硝酸鉄九水合物と尿素を用い、遊星ボールミルでこれらを共粉碎すると、硝酸鉄の結晶水が遊離し、透明で粘稠な液状前駆体が得られる。これを70℃以上に加熱すると尿素は加水分解されて水酸化物イオンが生成するため、硝酸鉄の鉄イオンと反応してゲーサイトが生成するが、ゲーサイトからヘマタイトを生成するにはさ

らに高温での加熱が必要である。しかし、本手法では原材料のメカノケミカル処理により活性な前駆体が生成した結果、ヘマタイトの生成条件が緩和され、100℃程度でもヘマタイトナノ粒子が生成する。この試料を、応用の一例として水溶液からの合成染料の吸着除去に適用したところ、とくにアニオン性染料のコンゴレッドに対して良好な吸着除去性能を示すことが確認されている。

また、さまざまなシリカ廃棄物からのケイ酸化合物の水熱合成と応用にも取り組んでおり、例えば合成石英ガラスの製造プロセスから排出される、不純物を多く含むシリカ微粉末やその汚泥、石英ガラスの加工端材から、ゼオライトなどを合成し、さまざまな応用を試みている。一例として、石英ガラス端材から層状ポリケイ酸塩のケニヤアイトを合成し、さらにアルキル鎖をもつアンモニウムイオンやアミンのインターカレーションによる修飾を行うことで、重金属イオンや水溶性有機物に対して良好な吸着特性を示す有機-無機ハイブリッド材料に変換できることが示されている。

3. 研究室の特徴

本学工学研究科化学工学分野には8つの研究グループ（研究室）があり、その一つが筆者が担当する資源工学グループである。メンバーのうち教職員は教授の筆者1名で、2025年度の所属学生は学部4年次生4名、大学院博士前期課程3名、同後期課程1名の総勢8名である。このように本研究グループは比較的少人数であるが、これを活かして柔軟で小回りのきく体制で研究を行っている。また、本学工業高等専門学校の卒業研究学生など外部からも学生を受け入れている。

本研究グループではおもにナノサイズやマイクロサイズの粒子状機能性材料を乾式および湿式プロセスで合成する研究を行っているため、研究室には合成・分離精製のための各種装置（恒温オープン、ボールミル、遠心分離機等）に加え、粒子状材料を分析・評価するための機器として、粒子径分布測定装置、粉末X線回折装置、窒素吸着細孔径分布測定装置などが隙間無く設置されており、合成した試料に対して一通り基礎的な測定がただちに行えるようにすることで、評価結果を速やかに合成実験にフィードバックし、スピード感をもって研究できるよう努めている。

今後も鉄やケイ素、さらにはアルミニウムを基軸元素とする高機能・高性能ナノ材料を、これまで蓄積してきたさまざまな資源活用プロセス技術を駆使し、大規模生産への展開が可能な、低コストでシンプルなグリーンプロセスの開発に取り組んでいく予定である。