

京都大学大学院 工学研究科 高等研究院

フロー合成システム産業応用研究部門

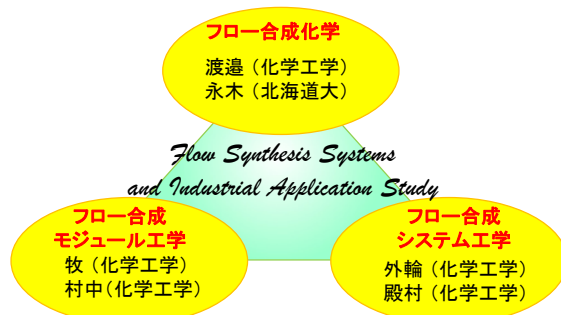
研究部門代表： 外輪 健一郎（化学工学専攻）

本研究部門の目的と主要構成員

新しい化学技術としてフロー合成が注目されている。化学物質の合成には旧来よりフラスコに代表される攪拌容器型の装置が活用されてきた。化学産業においても攪拌槽の反応装置は広く使われており、特に医薬品のような生産量の少ない物質の生産では多用されている。これに対してフロー合成とは、流体を管路の中を流通させながら反応させる手法であり、攪拌槽型に比べて省力化および品質安定化の点で優れている。また、温度などの条件を連続的に変化させると複数の反応条件での実験を行うことができ、合成研究の効率化にも貢献できる。本グループはフロー合成でも活用されるマイクロアクタの分野で世界をリードしており、フロー合成研究に取り組む強みがある。本研究では、フロー合成技術の革新、自動実験システムへの応用、さらに産業応用のための技術を構築するとともに、当該技術を担う人材育成を行うことを目的とする。

進捗状況：
上記の目的達成に向けて、フロー合成を実現するための各種要素技術の研究・開発、フロー合成を利用した自動実験技術の開発、将来のフロー合成を担う人材育成を順調に実施している。

外部資金獲得状況：
NEDO「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」、日本学術振興会 科学研究費補助事業 学術変革領域研究A、学術変革領域研究B、基盤研究B、基盤研究C、AMED、CREST



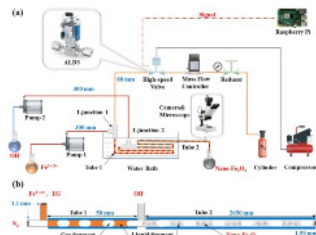
令和7年度の研究活動及び主な成果

フロー合成化学

短く精密な滞留時間制御、高速混合、高速熱移動などフローの特長を生かして、**従来のフラスコでは実現不可能な有機合成反応・高分子合成反応・無機材料合成反応を開発**し、生物活性物質や機能性物質の実践的合成をめざす。

磁性ナノ粒子の高スループット連続合成

マイクロ流路内でのセグメント化されたフローと共沈法を使用して、均一なナノFe₃O₄粒子を連続的に合成した。セグメント効果による高スループット化(50°Cで0.1秒以内に共沈反応が完了)を実現すると共に、ALDバルブによってセグメント長を短くすることで均一な粒子を合成できた。



フロー合成システム工学

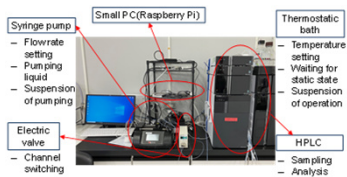
フロー合成をデータ科学と融合させて活用するには**自動実験装置**が欠かせない。そこで、各種実験機器・モジュールのIoT化を行い、それらを制御するための運転システムを開発する。さらに、並列モジュール化学プロセスにおける**流体制御・監視方法**を開発する。

自動実験システムの開発と様々な反応系への応用

実験機器に小型PCを取り付けて遠隔制御が可能なモジュールとした。

モジュールとサーバ間の通信、データを管理するデータベース、自動実験を操作するインターフェースの3要素からなるシステムを開発した。

酸化、電解など様々な反応系へ適用可能であることを実証した。

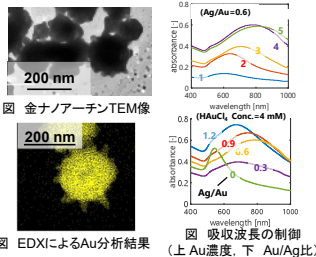


フロー合成モジュール工学

フロー合成を実現するには各種の反応装置や分離精製装置が必要となる。これらの技術を開発するとともに、設計・運転法の体系化を行う。さらに各装置をモジュール化して、汎用的に活用できる技術を整備する。

インクジェット混合による金ナノアチン包含ナノカプセルの合成

向かい合うノズルから2種類の溶液を直径数十μmサイズの微小液滴として吐出し、空中で衝突・混合させるインクジェット混合システム(IMS)を利用して、金ナノアチン(AuNU)含有マイクロカプセルを合成した。さらに、混合条件を変更して、粒径・形状の異なるAuNUを合成し、カプセル化されたAuNUの吸収波長の制御に成功した。



化学プロセス研究コンソーシアム マイクロ化学生産研究部門

コンソーシアムでは、下記の事業を実施しました。

- 7月: 全体会議・講演会
- 8月: マイクロ化学工学基礎集中講義
- 8月: マイクロ化学工学応用集中講義(開講)
- 8月: デバイス設計・製作演習
- 9月: マイクロ化学工学実習(開講)
- 9月: マイクロ合成化学集中講義
- 9月: マイクロ合成化学実習(開講)
- 9月: 全体会議・講演会(ナノ材料部門と共催)
- 12月: 全体会議・講演会
- 3月: 報告会および講演会

上記以外に、マイクロ合成システムの共同開発プロジェクトが進行中です。

