

2026 年 8 月 25 日

豊橋技術科学大学長 殿

応用化学・生命工学専攻
学位審査委員会
委員長 高島 和則



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	MD AZGAR ALI		学籍番号	第 209401 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 応用化学・生命工学 専攻	
博士学位論文名	Development of Polymer-immobilized Chiral Organocatalyst for Continuous-flow Synthesis (高分子固定化キラル有機分子触媒による連続フロー合成法の開発)			
論文審査の期間	2026 年 1 月 15 日 ～ 2026 年 8 月 25 日			
公開審査会の日	2026 年 8 月 25 日	最終試験の実施日	2026 年 8 月 25 日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条) 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 委員長 柴富 一孝 印 委員 荒川 優樹 印 原口 直樹 印 印 印				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、イオン結合型高分子固定化キラル有機分子触媒を用いた触媒的不斉反応における連続フロー合成法の開発についてまとめたものである。従来の連続的フロー合成ではほとんど用いられなかったイオン結合型触媒に着目し、有機分子触媒部位を架橋ゲル型、微粒子型およびコア-コロナ微粒子型高分子に固定化した不均一系キラル触媒を開発した。これらを連続フロー用カラムリアクターの充填剤として用い、連続フロー反応における反応条件を最適化することで、高い収率と不斉選択性を示すイオン結合型高分子固定化キラル有機分子触媒を実現した。さらに、本研究で合成した不均一系触媒について長時間連続使用時の安定性、再現性および耐久性を評価した。論文は以下の5章から構成されている。

第1章では、本研究の背景として、高分子固定化キラル有機分子触媒および連続フロー合成の特徴について概説し、連続フロー合成の性能向上には高性能な高分子固定化キラル有機分子触媒の開発が重要であることを述べた。第2章では、不斉 Diels-Alder 反応をモデル反応として用い、イオン結合型架橋ゲル高分子固定化キラル有機分子触媒の連続フロー反応における触媒性能を評価した。第3章では、新たに開発した高分子微粒子型キラル有機分子触媒とシリカゲルをカラムリアクター内に均一に充填することで、圧力損失を低減した連続フローシステムの構築に成功した。第4章では、コア-コロナ型高分子微粒子固定化キラル有機分子触媒の新規合成法を確立するとともに、得られたコア-コロナ型微粒子触媒が連続フロー式不斉 Diels-Alder 反応において優れた触媒性能を示すことを明らかにした。第5章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、その意義および今後の展望について考察した。

審査結果の要旨

本論文は、医薬品およびその中間体の製造技術として重要な高分子固定化キラル有機分子触媒の開発に関する研究成果をまとめたものである。高分子固定化キラル有機分子触媒はこれまで主にバッチ式反応に用いられており、それらの豊富な知見により、いくつかの高分子触媒が不斉反応において高い触媒性能を示すことが明らかとなっている。一方で、これらを連続フロー合成法に適用した例は限られており、連続フロー合成に適した高分子固定化キラル有機分子触媒およびそのシステムの確立は、ファインケミカル製造技術の高度化に大きく寄与するものと期待される。

本研究では、構造が明確であり、キラル有機分子触媒を簡便かつ定量的に固定化できるイオン結合型高分子固定化キラル有機分子触媒に着目し、架橋ゲル型、微粒子型およびコア-コロナ微粒子型の不均一系キラル有機分子触媒を新たに合成している。モノマーの種類・組成、スルホン酸含有量、粒子径、グラフト密度およびコロナ鎖の分子量が異なる固定化用高分子を系統的に合成し、スルホン酸部位の官能基再生反応によってスルホン酸を有する固定化用高分子を調製した。これらと MacMillan 触媒前駆体との中和反応により、目的とするイオン結合型高分子固定化キラル有機分子触媒を迅速かつ高固定化率で合成することに成功している。

さらに、本研究で開発したイオン結合型高分子固定化キラル有機分子触媒を、不斉 Diels-Alder 反応における不均一系キラル触媒として用い、連続フロー合成における触媒性能を評価している。その結果、既報の連続フロー合成用不均一系触媒と比較して優れた触媒活性および高い不斉選択性を示すことを明らかにしている。また、これらの触媒はイオン結合により高分子担体に固定化されているにもかかわらず、反応後に触媒のリーチングは認められず、バッチ式反応換算で 20 回以上の連続使用が可能であることを実証している。特に、コア-コロナ型高分子微粒子固定化キラル触媒は優れた触媒性能を示し、医薬品およびその中間体の連続フロー合成技術の発展に大きく貢献するものと期待される。

以上の成果は、高性能な連続フロー用不均一系キラル触媒の設計指針を示すとともに、不斉合成プロセスの高効率化および実用化に重要な知見を提供するものであり、学術的ならびに工業的に高く評価できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)