

Apr  
2015

マイクロ化学生産研究活動の最前線を伝えるニュースレター

# MiPS Insights



## Reports

コンソーシアム行事報告  
学会参加報告



## Features

デバイス紹介  
-株式会社タクミナ-



## Upcoming events

行事予定案内



京都大学マイクロ化学生産研究コンソーシアム



2014年7月～2015年3月に開催されたコンソーシアム関連行事について時系列で報告します。

2014年7月19日、本学桂キャンパス A クラスター308号室にて、30名の参加者を得て、Prof. Christophe A. SERRA (University of Strasbourg) による講演会(講演題目「Intensification of NMP and ATRP polymer syntheses by microreaction technologies」)が開講されました。

2014年7月22-25日、マイクロ化学生産実習が、本学桂キャンパス B クラスター105号室および A クラスター025号室にて開講されました。本学 牧准教授、本学 永木講師、本学 殿村助教が講師としてマイクロ化学生産実習を担当し、受講生は実験を通して、マイクロデバイスの取り扱い方や基本操作法を習得し、独自に必要なデバイスを選定し、組み立て、それらを用いて反応実験を行える能力を身につけました。また、マイクロ化学プロセスを構築するために必要なデバイスの設計や操作法の基本となる CFD シミュレーションの基本操作法を習得し、必要なプロセスやデバイスに関して、独自で CFD シミュレーションができる能力の修得を目指しました。

2014年8月6-8日、集中講義(マイクロ化学工学)が、本学桂キャンパス A クラスターA2棟 302講義室にて開講されました。本学 前教授、本学 長谷部教授、本学 牧准教授が講師として、マイクロ空間を利用した化学操作の基礎について講述するとともに、次世代生産プロセスとしての設計、システムの考え方と新しい制御手法を解説しました。

2014年8月8日、講演会「マイクロ化学生産研究の現在、過去、未来」が、72名の参加者を得て、本学桂キャンパス B クラスター桂ホールにて開催

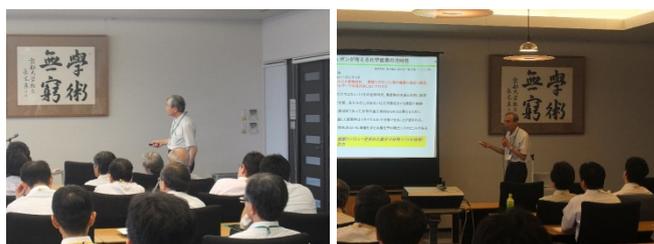


写真:講演会「マイクロ化学生産研究の現在、過去、未来」の様子

されました。2002年に始まった NEDO プロジェクト「高効率マイクロ化学プロセス技術プロジェクト」(2003年に「マイクロ分析・生産システムプロジェクト」に移行)を振り返ると同時に、マイクロ化学生産技術の現状を把握し、さらなる発展の方向を探るべく、計6件の講演とディスカッションが行われました。

2014年11月28日、本学桂キャンパスにて、40名を超える参加を得て、デバイス説明会が開催されました。吉田潤一 コンソーシアム代表の挨拶の後、マイクロ化学の最近のトピックとして「マイクロ化学合成の最近のトピックス」「3D プリンターを用いたマイクロ流路の作製と流路形状による伝熱・混合促進効果」「スラグ流を用いたマイクロ

化学プラントの設計・運転」の3件の発表がありました。その後、「マイクロリアクターの商業運転を可能にするスムーズフローポンプ（株式会社タクミナ）」の講演、デモンストレーション、が行われました。



## 京大 SGU-CH 国際ワークショップ -Micro/Flow Chemistry & Engineering-に参加して

化学工学専攻 M2 浅野 周作

### 1. 概要

京都大学のSGU(Super Global University)事業の一環として、国際ワークショップが2015年の1月28, 29日に京都大学で開催されました。フロー合成、マイクロ化学プロセス分野において世界的に著名な研究者の先生方が5件の招待講演を行われたほか、京都大学とMITの学生・ポストドクが6件の口頭発表を行い、工学部化学系所属の研究室により23件のポスター発表が行われました。企業の方も多く参加され、講演ならびに交流会全体を通して、非常に活発な議論と交流がありました。

### 2. 発表内容

招待講演はいずれも、基礎的・学術的な内容から最先端に行く合成・製造までを幅広くカバーしており、非常に聴きごたえのあるものでした。たとえばMITのJensen教授は、マイクロ流路中での移動現象や速度解析に関する内容から、流路閉塞を防止するための設計指針や超音波の利用法、色とりどりに光る量子ドットの合成、イソギンチャク形状の金パッチ粒子の合成などを紹介されました。発表の中では軽くしか触れられなかった、膜分離や反応スクリーニングに関する箇所は、その後学生が詳細に講演してくれました。精華大学のLuo教授は、中国各地でのマイクロリアクターの

実用例を多数紹介されたのちに、微小流路中での多相流制御および反応・吸収への応用法についての講演をされました。単分散液滴・スラグ流・エマルションの生成機構と制御法、それらを組み合わせて気・水・油の複合構造を作製する手法までを、慣性力・毛細管力・表面張力といった基礎事項から構築していることが最も印象的でした。ポスター発表に関しては、日本人参加者がどうしても数で勝るために、英語のポスターを前に日本語でやり取りする、ほほえましい？光景が多々見られましたが、充実した意見交換が行われていたようです。

### 3. MIT学生の感想

会期終了後の30日に、MITからの学生・ポストドク4名をラボツアーに招待し、吉田研究室・前研究室・長谷部研究室の各実験設備と研究内容を紹介しました。ウケるかどうかわからない不安はあったのですが、予想以上に各設備・内容に興味を持ってもらえたようで、「このミキサーはアメリカでも購入できるか?」「配管の美しい組み方を教えてください!」「こんなに大きいポンプは初めて見た!」といった質問・コメントを多々いただきました。研究内容についても「吉田先生の講演は”philosophical”で印象深かった」「修士課程の学生がこんな研究発表をしているなんて”amazing”だ」等々、うれしい感想を聞くことができました。少なくともマイクロ化学の分野では、日本の研究が最先端の一角を占めていることを再確認でき、少し誇らしくありました。

## 日本化学会第95春季年会に参加して

合成・生物化学専攻 永木 愛一郎

2015年3月26日(木)~29日(日)、公益社団法人日本化学会第95春季年会が、日本大学・船橋キャンパスで開催されました。例年同様、非常に多くの参加者が集まり、最新の研究成果発表と活発

な討論が行われました。2 日間に渡って開催した有機化学—反応と合成 H. ハイスループット合成 (1. コンビケム・固相合成, 2. 新反応場 (フロー法、マイクロリアクター、マイクロ波、固定化法、反応媒体)) のセッションでは、46 件の口頭発表と 3 件のポスター発表が行われ、その内訳は「フロー法、マイクロリアクター」33 件、「マイクロ波」4 件、「コンビケム・固相合成・固定化法・反応媒体」12 件でありました。講演は学生も含めて若い研究者によるものが多くを占めました。また、本年会発表の英語化が推奨される中、実際に 49 件中 12 件の英語の発表が含まれたことも印象的でした。「フロー法、マイクロリアクター」の講演では、全体として有機金属反応や触媒担持不均一系反応や光反応や不均一系反応の研究発表が多く見られました。研究開発の方向性としては、新しい反応開発を目指した研究、機能性化合物 (ペプチドやポリマーなど) の合成効率化をめざした研究、グリーンケミストリーを志向した研究、などが多くを占めました。また、本年会はいずれのフロー法やマイクロリアクターの発表も聴講者が多く集まり、比較的活発な質疑が行われ、フロー法やマイクロリアクターの研究分野のアクティビティーの高さが伺えた。次年度の日本化学会第 96 春季年会 (同志社大学 田辺キャンパス) でも、フローマイクロリアクターに関する研究成果を多く拝見することができれば嬉しく思います。

## 化学工学会第 80 年會に参加して

化学工学専攻 殿村 修

2015 年 3 月 19 日 (木) ~21 日 (土)、芝浦工業大学豊洲キャンパスにて、化学工学会第 80 年會が開催された。ここでは、大会 2 日目に反応工学のセッションで発表があったマイクロ化学プロセスに関連する講演を振り返りたい。

### 1) 「多段階マイクロリアクターを用いた多機能ポ

### リイミド微粒子の作製」(産総研)

ナノパッケージング法 (ナノ微粒子をポリマー微粒子内に固定化する方法) として、マイクロエマルジョンを用いることによる金属ナノ粒子/ポリイミド複合微粒子の合成が紹介された。実際に、触媒性と磁性を有する微粒子 (Au ナノ粒子+磁性微粒子内包ポリイミド微粒子) 作製についての成果報告があり、Y 字マイクロミキサーがマイクロエマルジョン生成に利用されていた。膨潤の可能性は低く、溶液濃度依存性の検討によると、粒子サイズは溶液濃度の 3 乗根に比例ということであった。触媒活性評価などは今後検討されることとであった。

### 2) 「マイクロリアクターを用いたアセタールおよびホルマール化合物の合成」(日油)

アセタール化合物 (糖鎖合成において重要な保護基の 1 つ) の合成に関する研究開発報告があった。分子計算 (密度汎関数理論計算) 結果の他、バッチ合成が行われ、液中のアルコール気化を抑制することが収率向上の鍵であることが示された。その後、連続合成の検討が行われ、衝突混合型マイクロリアクター、その後続に内径 1mm、長さ 5m の滞留時間ユニットが利用された。触媒としての濃硫酸の量の最適化の他、再使用可能な固体酸 or 固体超強酸を流路内に固定したプロセスも検討されていた。今後は中和工程不要な連続合成プロセスの開発が進められる模様である。

### 3) 「マイクロリアクターを用いたコンパクト気液固反応プロセスの開発」(京大)

ニトロベンゼンの水素添加反応 (主生成物: アニリン) を例に、不均一な流動とホットスポットの発生を解消が期待できる管径 mm オーダーの充填層型反応器 (プロセス) に関する研究報告があった。T 字マイクロミキサーが反応器上流に設置され、気液接触用として利用されていた。基本的な反応条件は、温度: 40-120°C、圧力: 0.1-0.8 MPa

であり、反応器内流動は trickle flow の領域であるとのことであった。触媒作製法は、イオン交換樹脂への担持・炭化操作による方法が採用され、担持金属種 (Ni, Pd の 2 種) や賦活処理の反応成績への影響が検討されていた。さらに、溶媒 (水素溶解度や粘度が異なる EtOH, DMSO の 2 種)、T 字ミキサーの内径、気体流量の反応成績への影響も検討されていた。その他に、反応速度解析、物質移動容量係数推算 (従来装置より 1, 2 桁向上という結果) に関する報告もあった。

#### 4) 「マイクロ流路中のエマルジョンの電場印加による解乳化におよぼす有機相の種類ならびに水相中の電解質の影響」(阪府大)

マイクロ流路 (内径 1mm のフッ素ゴム管) + 電場印加によるエマルジョンの解乳化におよぼす有機相 7 種や水相中電解質 (価数, 濃度) の影響が検討されていた。種々の検討の結果、

- ・分率高い有機溶媒
- ・矩形波の交流電場
- ・水相に溶解する電解質

が効果的であることが示された。

#### 5) 「硝酸イオンのマイクロ還元システムの開発」(日立日立研)

オンサイト多項目水質検査システムへの導入を目指して、硝酸イオンの銅製マイクロ還元チップの開発が行われた。従来の還元カラムに比べて、マイクロチップの場合、 $S/V$  比が大きくなる特徴を利用していた。流路を 4 層化して吸着サイト数を増加されることで、還元処理量が増加し、送液制御のロバスト性が向上することが報告された。

#### 6) 「エッチングアルミニウム材料を用いたマイクロリアクタの開発」(農工大)

プロセス強化という考えの下、実用化を目指した気固触媒反応器の開発が行われた。流路表面へアルマイト触媒の形成が、5000~14000 本/mm<sup>2</sup> 程度の性能で可能とのことであった。Cu/Zn 系触

媒によるメタノール水蒸気改質反応を例に、3 つの観点から検討が行われた。1 つ目は、細孔内での反応の評価であり、砕いた膜触媒との比較が行われた。2 つ目は、表面構造 (片面処理膜のガス入口面の違い) の影響が評価された。3 つ目は、リアクター開発に向けて、両面処理膜触媒と片面処理膜触媒の比較が行われていた。

#### 7) 「液液抽出におけるマイクロ流路設計法の開発」(神戸製鋼)

多流路積層型による大容量処理を可能にする Stacked Multi-Channel Reactor が紹介され、モデル系としてフェノールの液液抽出が挙げられた。そして、抽出速度の予測が試みられた。ガラス管を用いた基礎試験では、流速 (1-3mL/min)、流路内径 (1mm, 2mm)、粘度 (水, エチレングリコール水溶液, グリセリン水溶液)、スラグ長さ (合流部の流路径 2 種) の抽出速度に及ぼす影響が評価されていた。最終的に、Sh 数の相関式により  $\pm 30\%$  の範囲で Sh 数を推算でき、任意条件における物質移動速度の予測および装置設計が可能であることが示された。

#### 8) 「外部並列触媒充填マイクロリアクタの閉塞診断」(京大)

分合流式分配器と 2 つの流量計を用いて外部ナンバリングアップ構造を有するプロセスの閉塞箇所を特定する手法をベースに、より小型で汎用性の高い圧力計を流量計の代わりに用いて、並列触媒充填マイクロリアクタシステムを対象とした閉塞診断が実施された。システム全体の流量分布を推定できるシミュレータが開発され、そのシミュレータを用いて、閉塞診断性能を最大化すべく、分配器を構成する流路抵抗と圧力計設置位置の最適化が行われた。得られた最適設計結果に基づいて、実験システムが構築され、提案手法の有効性が示されていた。

## We Make “Precision” Pumps



精密ポンプのリーディングカンパニー

# TACMINA

### 「予想通りの性能」は当たり前

皆様もご存知の通り、マイクロリアクターの商業プラント、および、それに準ずる設備の設計において、送液系、特にポンプの選定は、そのプラントの性能や採算性を大きく左右する大変重要な課題となります。というのも、リアクターの性能を発現させるに足る送液性能だけではなく、性能の長期安定性・クリーン・洗浄性・メンテナンス性・安全性・経済性・・・など、様々な要求を満足させるモノでなければいけないからです。

### 半世紀以上のノウハウが詰まった自信作

株式会社タクミナは約 60 年にわたり、電動式ダイヤフラムポンプ（プランジャーポンプのプランジャーの代わりにダイヤフラムといわれるテフロン隔膜を往復させる構造の容積式定量プロセスポンプ）の開発・製造・販売を行ってきました。中でも弊社の誇る「スムーズフローポンプ」（電動式 2 連無脈動ダイヤフラムポンプ）は、

- ・ シールが無い
- ・ 液漏れが無い
- ・ 摩耗しにくい
- ・ 分解洗浄が容易
- ・ 摺動が無い
- ・ CIP・SIP に対応
- ・ 消耗品が長寿命



- ・ スラリーの送液が可能
- ・ 液にせん断や熱を加えない
- ・ パーティクルの発生が少ない
- ・ 完全密閉（液が外気と触れない）
- ・ ポンプ外部からの異物混入が無い
- ・ 組み立て後に性能が変わらない
- ・ 一般工具で消耗品の交換が可能
- ・ ポンプ本体に安全弁機構内蔵

など

といった多くのメリットがあり、光学フィルムの精密薄膜塗工やナノテクの分野を中心に、幅広い産業分野の試作・パイロット設備や生産ラインで数多く採用・評価していただいています。

### 百聞は一見に如かず

また弊社では、導入に向けての評価に関しても、積極的にサポートいたします。テスト機の貸し出しは勿論のこと、兵庫県朝来市の「総合研究開発センター」内に「**実液試験室**」を完備し、専属技術スタッフにより、あらゆる条件下での送液試験の実施が可能。

さらには、その評価結果を元に最適性能を発揮できるようポンプの設計も承ります。



タクミナは、これからもスムーズフローポンプをご提案することで、マイクロリアクターの商業化促進に貢献してまいります。

### 株式会社 タクミナ

担当： 営業開発課 大竹，島崎

住所： 〒112-0004

東京都文京区後楽 2-1-2

興和飯田橋ビル 6F

TEL： 03-5844-2151

FAX： 03-5844-2152

URL： <http://www.tacmina.co.jp/>

# Upcoming events

行事予定案内

2015 年

月	日	行事
4	24	フロー・マイクロ合成研究会 (大阪)
6	8-10	化学とマイクロ・ナノシステム学会 (京都)
6	19-20	化学工学会マイクロ化学プロセス分科会討論・交流会「ニューバイオ開発拠点広島でマイクロ、ナノ化学を大いに語る」(広島)
7	6-9	Int. Conf. on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels (San Francisco)
7	10	フロー・マイクロ合成研究会 (大阪)
9	9-11	化学工学会第 47 回秋季大会 (札幌)
9	15-16	Flow Chemistry Congress (US)
9	27-10/1	APCChE (Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering) (Melbourne)
10	7	化学工学会関西支部主催, 本コンソーシアム共催「マイクロリアクターセミナー」(京都)
10	21-23	FROST (Budapest)
11	8-13	米国化学工学会 (Salt Lake City)
12	15-20	Pacificchem (Hawaii)

最新の情報については、本コンソーシアムのホームページにてご確認ください。

---

## 【お願い】

MiPS Insights の記事を転載または引用する際には、掲載する刊行物にその旨を明記し、該当刊行物を京都大学マイクロ化学生産研究コンソーシアム事務局までお送りくださいますようお願いいたします。

また、会員からの寄稿をお待ちしています。本コンソーシアム事務局までお問い合わせください。

---

## 【連絡先／編集・発行】

京都大学マイクロ化学生産研究コンソーシアム事務局  
〒615-8510 京都市西京区京都大学桂

京都大学大学院工学研究科 合成・生物化学専攻 吉田研究室気付

電話：075-383-2726 FAX：075-383-2727

E-mail: [mcpssc@cheme.kyoto-u.ac.jp](mailto:mcpssc@cheme.kyoto-u.ac.jp)

<http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/7koza/mcpssc/index.html>

---