

Oct
2012

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



Members

研究室紹介 -長谷部研究室-



Features

デバイス紹介
-株式会社 神戸製鋼所-
-富士テクノ工業株式会社-
-株式会社 三幸精機工業-



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



2011年12月～2012年9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。

2011年12月1日、富士テクノ工業(株)本社にてデバイス説明会が開催されました。11名の参加を得て、挨拶の後、ポンプの基本情報、製品説明、展示報告、デモ、見学が行われました。

2012年1月11日、(株)神戸製鋼所 神戸総合技術研究所にてデバイス説明会が開催されました。39名の参加を得て、コンソーシアム代表 吉田教授および(株)神戸製鋼所 機械事業部門 機械本部 松田本部長の挨拶の後、講演の部では、牧泰輔 本学工学研究科准教授による「マイクロデバイスを利用した多相系反応・分離プロセス」、(株)神戸製鋼所による技術開発本部の紹介、ALEXやマイクロ熱交換器の設計・製作技術・機器の紹介、積層型マルチチャンネル抽出・混合についての講演がありました。見学の部では、展示室およびマイクロバイナリー発電設備の見学が行われました。

2012年3月12日、本学桂キャンパスにてデバイス説明会が開催されました。20名の参加を得て、コンソーシアム代表 吉田教授の挨拶の後、講演の部では、長谷部伸治 本学工学研究科教授による「マイクロリアクターのナンバリングアップと閉塞検出」、殿村修 本学工学研究科助教による「IMRET 12 参加報告」、DKSH ジャパン(株) 御手洗篤氏による「Ehrfeld 社マイクロリアクター紹介」についての講演がありました。講演後、実機見学およびデモンストレーション(DKSH ジャパン(株) 迫田康稔氏)が行われ、アルドール縮合のデモに加えて、モジュラーマイクロ反応システム(MMRS)、メアンダ型リアクター、コアキシャル型熱交換器、分割再連結カスケード型ミキサ、クライオ型リアクター、カートリッジリアクター、バルブアシスティッドミキサ、ラボラトリー用低温循環恒温水槽、MMR モジュールラインアップのパネル展示など、実際に手に取りながらの説明が行われました。

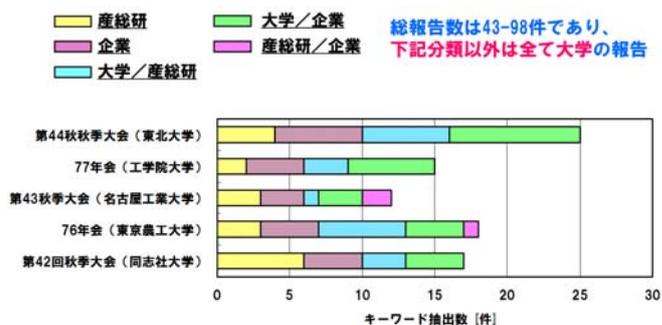
2012年4月23日、コンソーシアム設立1周年記念講演会および総会が開催されました。吉田潤一 コンソーシアム代表の挨拶の後、記念講演会では、小野努 岡山大学大学院自然科学研究科教授による「マイクロ流路内での異相界面制御と材料形態制御」、中江清彦 住友化学株式会社取締役による「社会の持続的発展を目指した企業における研究開発～化学産業の世界を変える基礎研究への期待を込めて～」と題した講演がありました。65名を超える出席者で埋めつくされた会場は、熱心に聞き入る姿で溢れました。引き続き開催された総会では、平成23年度の活動報告・会計報告・会則確認および平成24年度の活動計画に関する説明が行われ、満場一致で承認されました。その後、インテックセンター内の利用施設の見学会が行われました。

2012年8月30～31日、集中講義(マイクロ化学合成)が、本学桂キャンパス A クラスタ A2 棟 302 講義室にて開講されました。本学 吉田教授が講師として、マイクロフロー系を用いた有機合成反応の特徴と、その特徴を活かした反応集積化について講述するとともに、最新例を紹介しました。講義終了後、本学 産官学連携本部 知財・ライセンス化部門によるマイクロリアクター関連特許の知財について紹介する時間とインテックセンター実験室を見学する時間を設けました。

2012年9月3～5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 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。

2011年9月10～13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 105 号室にて開講されました。本学 牧准教授、本学 永木助教、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、受講生は実験および CFD シミュレーションを通して、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。

2012年9月19-21日、東北大学川内北キャンパスにて、化学工学会第44回秋季大会が開催されました。大会期間中、シンポジウム「マイクロ化学プロセスによる化学工学のイノベーション」が、川波肇氏(産総研)と安川隼也氏(三菱レイヨン)によりオーガナイズされました。例年同様、非常に多くの参加者が集まり(180人収容の講演会場で常時半数近くの席が埋まり)、最新の研究成果発表と活発な討論が行われました。2日間に渡って開催された本シンポジウムでは、展望講演2件を含む24件の口頭発表が行われ、その内訳は企業5件、大学16件、独立行政法人3件でした。本シンポジウム以外においてもマイクロに関連する口頭発表が数多くありました。展望講演では、徳島大の外輪健一郎先生より「深溝型流路をはじめとするマイクロ化学プロセス技術の開発とその展開」、ダイキンの中谷英樹氏より「マイクロリアクターを用いたフッ素系ファインケミカル製品の合成」と題した講演がありました。今回の全体の発表内容を見渡したところ、製造・制御技術、デバイス・センサー開発および集積化・大容量化、混合・反応解析、シミュレーション解析・分析技術、材料化学、合成反応、微粒子合成などの幅広い分野から発表がありました。来年3月の第78回年会は大阪大学で、来年9月の第45回秋季大会(マイクロ化学プロセス技術に関するシンポジウムを開催予定)は岡山大学で開催される予定です。また、化学工学会年会・秋季大会における過去5年間のマイクロ化学プロセスに関する技術報告の統計として、代表的なキーワード別に分類した結果(下図)、および、共同研究者別に分類し産官学の連携状況を推測した結果(右上図)をシンポジウムオーガナイザーより提供いただきました。



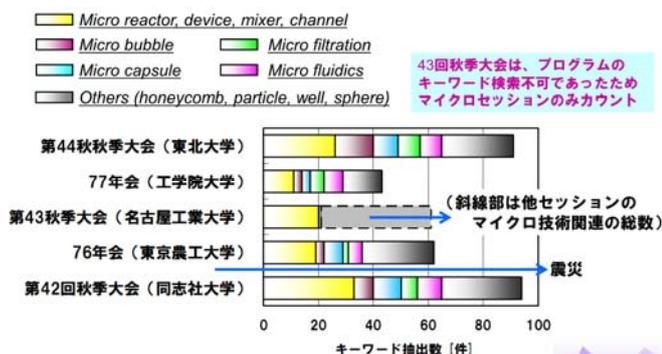
2012年9月28日、本学東京オフィスにて、本学産官学連携本部およびバイオインダストリー協会(JBA)主催の京都大学発・新技術セミナー「明日から、マイクロリアクターを使ってみる」が開催されました。会場満員の100名近くの参加者を得て、第1部<マイクロリアクターを知る>では、本学工学研究科 合成・生物化学専攻 吉田 潤一教授による「マイクロリアクターの特長を生かした有機合成プロセス および高分子合成プロセス」、本学工学研究科 化学工学専攻 前一廣 教授による「マイクロリアクター利用戦略と次世代生産プロセスへの展開」、本学工学研究科 化学工学専攻 殿村 修 助教による「マイクロ化学プロセスの設計・計測・制御」の講演があり、第2部<マイクロリアクターを使いこなす>では、マイクロリアクターを展示・解説、本コンソーシアムの企業研究者のための講義や実習・デバイス見学会・共同研究などの活動内容について紹介がありました。

Members

研究室紹介-長谷部研究室-

システムの合成と最適化

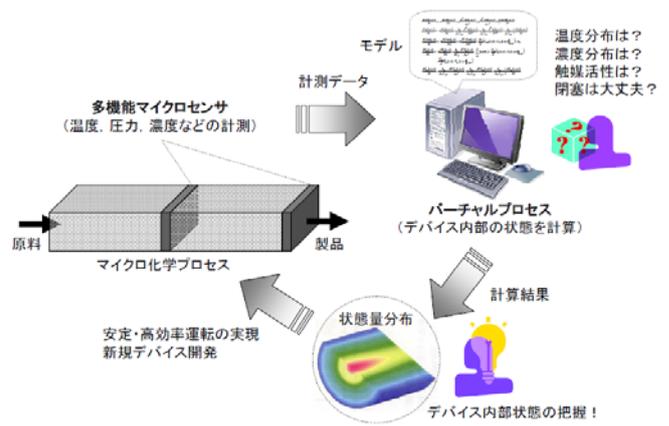
-マイクロ化学システムから地球環境まで-



21世紀をむかえ、環境問題など複雑で困難な問題を抱える社会情勢の中で、国際競争力のある高付加価値製品の生産を省資源・省エネルギー化と同時に実現できる生産システムの実現が望まれています。そのような革新的な生産システムを実現するための方法論、より具体的には、生産システムの設計や運転を合理的におこなうための方法論を研究する学問体系が「プロセスシステム工学」(Process Systems Engineering (PSE))です。

本研究室は、プロセスシステム工学の発展を図ると同時に、この分野における人材の育成と研究成果の実社会へのフィードバックを通して、我が国の産業の発展に寄与することを目指しています。

研究室構成員は、2012年9月現在、長谷部伸治教授、殿村修助教、中西美子秘書、博士後期課程5名、修士課程7名、学部4年生7名です。



1) マイクロ化学プロセスの設計・計測・制御

日本の化学産業を高付加価値製品生産にシフトしなければならない、という話はよく聞きますが、どうしたら可能でしょうか。1つは高付加価値の物質を見つけることです。これは化学者の仕事です。では、その物質をどうやって生産したらよいでしょう。これを考えるのは化学工学者の仕事です。高付加価値製品の生産には、温度や滞留時間を厳密に制御することが必要です。そのような操作が可能なプラントとして、近年マイクロ化学プラントが注目を集めています。流路の幅を数百 μm とすると、格段に温度や滞留時間を制御しやすくなるのです。本研究室では、このようなマイクロ化学プラントの設計法、操作法、異常診断法の開発を行っています。例として、I) 物理・化学的な現象のモデリング・シミュレーション技術と最適化手法を組み合わせ用いた装置構造・形状・寸法設計（下図）、II) 直接測定できないシステムの状態をオンライン推定するカルマンフィルタ理論を応用した運転監視と制御（右上図）、III) 閉塞診断機能を備えたナンバリングアップ（並列化）

マイクロ化学プロセスの高効率・安定運転の実現に向けたソフトセンサ開発

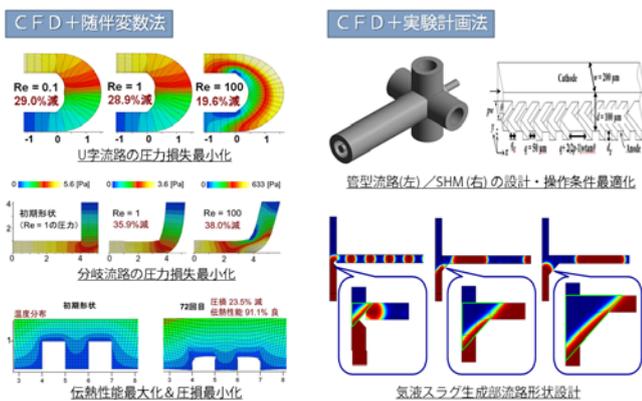
による生産量増大方法、の研究開発および開発技術の普及活動を進めています。また、混相流や複雑な二次流を伴うマイクロリアクタの実験的理解と CFD シミュレーション、効率的な解析や設計のためのモデル低次元化に取り組んでいます。

科学の進歩により、ミクロな現象解析の分野は日々進歩しています。残念ながらこれまでの化学工学はこのようなミクロな分野での研究成果をマクロな装置・プラント設計に十分活用してきたとはいえません。これは、複雑すぎて精密な数式モデルが作れないことが大きな要因でした。マイクロ装置では流れが層流になることが多く、装置内の物質の挙動を正確に表現しやすいという特徴を有しています。この点に注目し、21世紀にふさわしい化学装置・化学プラントの設計法の提案を目指した研究も進めています。マイクロプラントの設計法の開発はこの目標の第一ステップです。

2) 環境調和型プロセスの最適構造合成

プロセスの合成問題は、使用する装置や装置間の結合関係に関して非常に多くの自由度を有しており、限定された問題以外、汎用的な解法は確立していません。本研究室では、可能性のある全ての構造を含むスーパーストラクチャー (SS) を考え、プロセス合成問題を数値計画問題として解くシステムの開発を行っています。

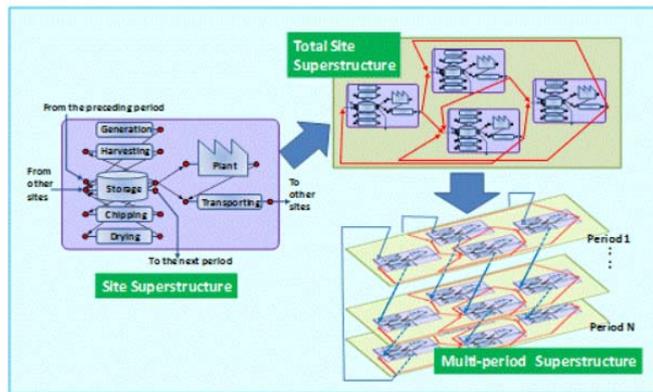
1つの応用例として、バイオマスサプライチェーン構築支援システムを開発しています。これは、利用可能なバイオマスの供給地と種類や量、利用



数値流体力学 (CFD) に基づく流路形状設計

可能な要素技術が与えられたとき、その地域にとって最適なバイオマス利用システムの導出を支援するシステムです。下図は3層からなるバイオマス利用最適構造導出支援システムの構造を示しています。このシステムでは、バイオマス生成量の季節変動も考慮できるように考えています。開発しているシステムは、最適構造導出のみならず、

- ・収集コストをどれだけ下げられれば利益が出るか
 - ・補助金で施設建設を行えば、利益が出るか
 - ・利益を出すためには、要素技術のエネルギー変換効率、イニシャルコスト等をどこまで下げる必要があるか
 - ・バイオマス利用を森林保全のためのコストと捉えたとき、そのコストはいくらか
- 等、様々な問題に適用することを想定しています。



3) スケジューリング, サプライチェーンマネジメント (SCM)

様々な製品を、どれだけ、どの順番に、いつ作るかを決める問題が、スケジューリング問題です。生産要求の多様化や在庫削減に対応するために、益々重要性が増してきています。スケジューリング問題は、「組み合わせ最適化問題」と呼ばれる範疇の問題であり、最新の計算機でも上手く工夫しないと最適な解を求められません。また、製品は、消費者の手元に届くまでに、部品工場→生産工場→卸売業者→小売店というように多くの業者が関わっています。この全体を考えて生産の仕方を考えるのが SCM です。我々のグループでは、需要や歩留まりには不確定な要素があり、それをいかに計画に反映させるか、また、海外生産と国内生産の協調を考慮した SCM 問題等に取り組んでいます。

【問題】5製品を生産したい。品種間の切り換えコストが下表のように与えられているとき、どの順に生産すれば切り換えコストを最小にできるか

2 → 3 → 5 → 4 → 1
コスト=35

から	1	2	3	4	5
1	-	9	3	7	8
2	2	-	1	4	4
3	12	9	-	5	6
4	16	14	4	-	2
5	8	7	9	12	-

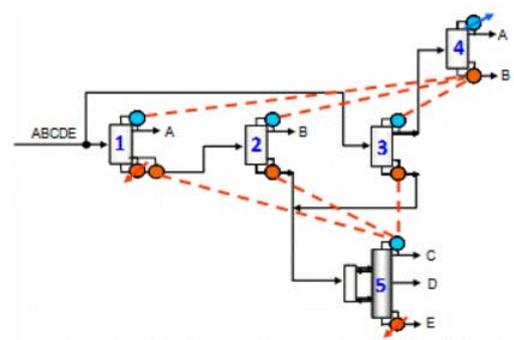
最小コスト=12



4) 省エネルギー型蒸留分離プロセスの最適合成

化学プラントの省エネルギー化が求められていますが、簡単にできるところはやり尽くされており、更なる省エネルギー化をはかるには、システムティックな対応が不可欠です。蒸留は化学プラントのエネルギー消費の半分以上を占める装置であり、その省エネルギー化がプラントの省エネルギー化の鍵を握っています。

蒸留塔では塔底で加熱し、塔頂で冷却しているわけですから、塔頂蒸気を塔底の加熱に使えば都合がよいわけですが、塔底の方が温度が高いためできません。そこで複数の塔を組み合わせる熱交換することが考えられています。本研究では、分離の順序や塔の圧力を変更し、もっともエネルギー消費の少ない分離構造を導出する方法を検討しています。ここでも、スーパーストラクチャーという概念を使っています。5成分の分離構造の例を左下図に示します(赤色破線部分で熱交換)。このような構造は思いつきでは出てきません。また、濃縮部と回収部で直接熱交換を行う「内部熱交換型蒸留塔 HIDiC」というこれまでにない方法を用いた塔についても研究しています。



5) 操業データを活用する製品品質改善

化学・鉄鋼・製薬など様々な産業分野を対象に、

製品品質の管理や改善あるいは運転効率化に役立つ情報を、生産プロセスの操業データから巧妙に抽出するデータ解析技術やその技術に基づくプロセス監視・制御・品質改善システムを開発している。例として、メンテナンスフリーを目指す適応型仮想計測システムの設計法、運転データに基づくモデル不要直接的コントローラ設計法 E-FRIT、製薬向け Process Analytical Technology (PAT) ツールの開発などを行っている。

上記の内容に興味をもっていただいた方は是非一度ご連絡ください。

(連絡先：staff7@cheme.kyoto-u.ac.jp)

Features

デバイス紹介

株式会社 神戸製鋼所

㈱神戸製鋼所は、アルミ製ろう付プレートフィン熱交換器(ALEX)を40年以上設計・製造してきた経験を活かし、従来のチューブタイプ(2次元構造)に比べ、多流路化(ナンバリングアップ)が容易で、したがって大容量処理が可能な積層型多流路反応器(SMCR®: Stacked Multi-Channel Reactor)を開発しました(図)。

このSMCR®では、積層するプレートの両面に流路を加工することで、反応器内で自由に流体を混合・抜き出すことが可能となり、さらに伝熱プレートを積層することで、均一な温度コントロールも可能となります。これらの特徴により、チューブタイプなどの「マイクロリアクター」で行われていた反応をより精密にSMCR®上に再現することが可能であり、例えば、1ブロックあたり100,000本(100本/段×100段)もの複数流路を配置することにより容易に大容量化することが可能です。

また、SMCR®の単位構造は、従来の「マイクロリアクター」と同じであり、実験室レベルで「マイクロリアクター」の有効性が確認されたプロセスに対するナンバリングアップや工業化のツールとして有効です。

当社において各種試験体やベンチ装置を有しており、お客様の溶液をご提供頂ければ、試験・評価を実施することで経済性の評価を含めたご提案も可能です(写真)。

今後、これまでは適用が難しかったバルクケミカル向けの抽出器や反応器として、ご提案を継続し用途拡大に努めてまいります。

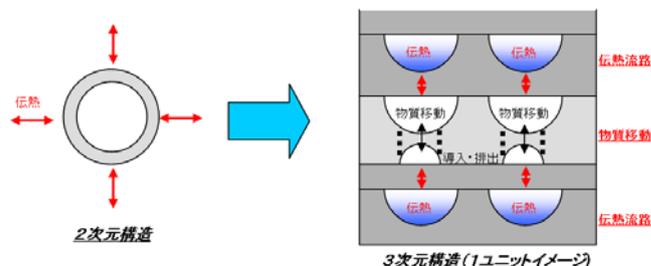


図 チューブタイプと積層型反応器との比較

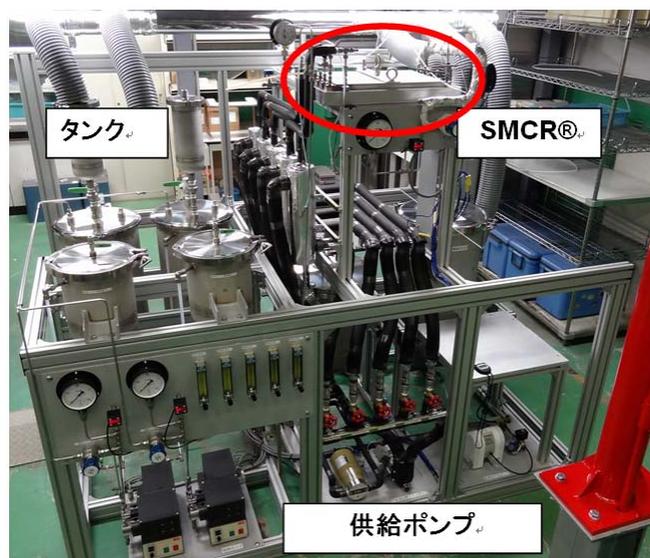


写真 ベンチ試験装置

㈱神戸製鋼所 機械事業部門 機器本部 高砂機器工場 技術室

〒676-8670 兵庫県高砂市荒井町新浜 2丁目 3-1

TEL: 079-445-7214 FAX: 079-445-7239

担当 野一色

㈱神戸製鋼所 機械事業部門 機器本部 営業部
〒141-8688 東京都品川区北品川 5丁目 9-12

TEL: 03-5739-6651 FAX: 03-5739-6977

担当 池端、土谷

URL: <http://www.kobelco.co.jp>

富士テクノ工業株式会社

富士テクノ工業株式会社は無脈動で、非常に高い定量性の 3 連プランジヤーポンプ（商標名：スーパーメータリングポンプ）を開発し、製造・販売を行っています。一般的な往復動ポンプはその構造上から脈動が発生しますが、スーパーメータリングポンプは富士テクノが独自開発した特殊 3 連カム構造により脈動が殆ど無く、流量変動が±0.1%以下（水にて条件一定時）となっています。また、圧力が変動する状況下や液体の粘度が異なる場合でも定量性は変わりません。この特性からスーパーメータリングポンプを使用し、マイクロリアクター等で複種類の液体の混合・反応・合成・濃縮・乳化などを高速かつ高精度に行うことが可能です。

また、ポンプの接液部に金属を一切使用せず、樹脂とセラミックのみを使用した樹脂ヘッドのスーパーメータリングポンプも取り扱っています。性能は従来のスーパーメータリングポンプそのままに、高腐食性液の使用が可能であり、接液部に金属イオンが発生しませんので金属イオンを嫌う液の送液にも適しています。従いまして、マイクロ化学プロセスにおいて脈動や金属イオンの影響を受けずに、精密な混合比率で高品質を得ることが可能です。

化学プロセス用途を始め、スーパーメータリングポンプはその卓越した性能により精密コーティング（超薄で均一な膜厚）、精密噴霧（一定な粒径）など多岐な用途で、国内外の化学メーカー、製薬会社、半導体メーカー、食品メーカーや研究機関等で使用されています。

マイクロリアクターでの研究、生産において無脈動、高精度を必要とされる場合は是非とも弊社にご相談下さい。

富士テクノ工業株式会社

〒573-0136

大阪府枚方市春日西町 2 丁目 29 番 5 号

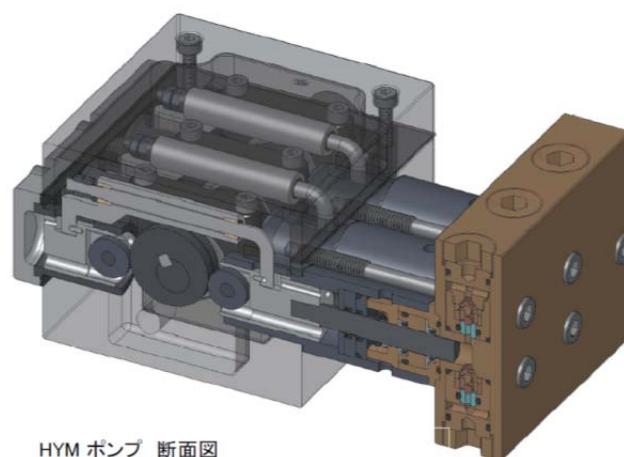
TEL: 072-858-5251 FAX: 050-7105-1033

E-mail: info@fuji-techno.co.jp

URL: <http://www.fuji-techno.co.jp/>



ポータブルタイプ



HYM ポンプ 断面図

株式会社 三幸精機工業

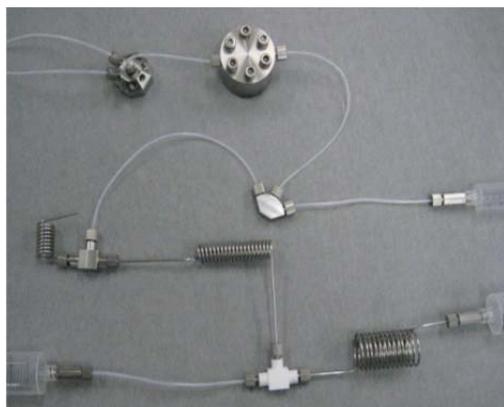
弊社は東京の大田区にて半導体検査装置や医療装置等の精密機械加工を生業として参りました。

2002 年マイクロ化学プロセス技術研究組合（MCP T）発足時よりマイクロミキサーの製作に参加させて頂き、研究員の方々の要望に応えるべく、およそ 30 種類近いマイクロミキサーを製作してきました。

2011 年までは、100%受注製作で対応しておりましたが、特に高い評価を頂き、リピート注文の多かった T 字型、V 字型のマイクロミキサーを標準品と位置付け、出荷実績の多いマイクロミキサーと接続部品を組み合わせ、スターターキット（次ページの写真）として御用意いたしました。

受注製作品にも引き続き対応致します。制作可

能な材質については一部ホームページでも紹介しておりますが、それ以外の材質についてはご相談ください。



上：マイクロミキサーと継ぎ手
スパイラルチューブ
(SUS316 1/16 インチ内径φ0.5, φ1.0)

下：マイクロミキサースターターキット
(概略写真)



株式会社 三幸精機工業
東京都大田区京浜島 2-7-2
(羽田空港に隣接した工業団地内)
TEL 03-5755-7131
FAX 03-5755-7135
E-mail sales@sankoh-mc.co.jp
御注文・営業問い合わせ専用
URL <http://www.sankoh-mc.co.jp>
一度マイクロミキサーのページをご覧ください。

Upcoming events

行事予定案内

2012 年

月	日	行事
10	18	デバイス説明会・デモ (株)エマオス 京都) @京都大学桂キャンパス
10	28-11/2	AIChE Annual Meeting (Pittsburgh)
10	28-11/1	MicroTAS (Okinawa)

2013 年

月	日	行事
3	17-19	化学工学会年会 (大阪大学)
3	22-25	日本化学会第 93 春季年会 (立命館大学)

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