

化学プラントを小さくします！



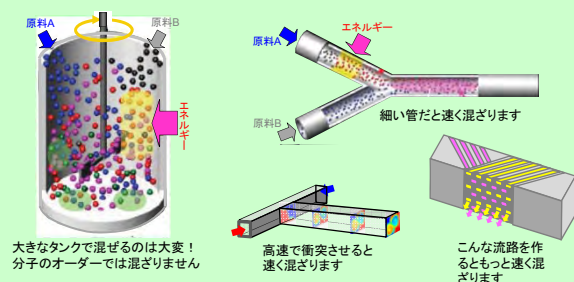
混合、反応、熱交換
の効率化で1/10に
コンパクト化



マイクロ化学プラント
を実用化するための
研究をしています

小さくするとどんなメリットが？

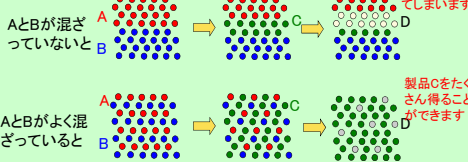
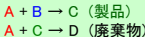
☆速く混ぜられます



速く混ぜると何が良いの？

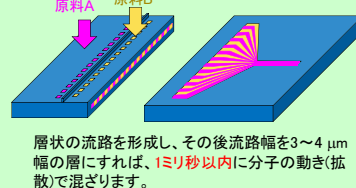
望まない反応を起きにくくできます
その結果、廃棄物の量が減らせます

こんな反応を考えてみましょう



どれくらい速く混ぜられる？

機械的に混ぜられるサイズには限界があります
最後は、分子の運動に頼らざるを得ません



☆温度を調節しやすくなります

温度を一定に保つ

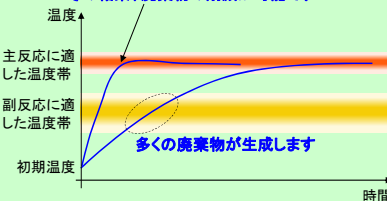
発熱を伴う反応では、温度を一定に保つのは容易ではありません。
そのため、わざわざ反応がゆっくり起きる条件で反応させます。

- ・とても低い温度(例えば-70℃)で反応
⇒ 高価な冷媒が必要です
- ・薄めて反応
⇒ あとで溶媒を分離するのにコストがかかります
- ・少しずつ反応
⇒ 時間がかかります

マイクロ装置では、温度制御が容易なため、**冷媒や溶媒の削減、装置のコンパクト化**が可能です

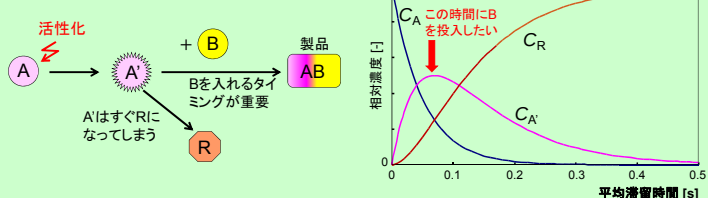
思い通りに温度を変えられると

望まない反応が生じない温度に素早く到達できます
その結果、廃棄物の削減が可能です

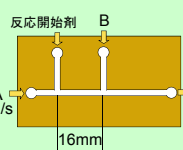


☆短い時間を扱えます

活性のある時間は短い



この反応器では、反応開始の0.08秒後にBを投入するのは不可能です



プレートに溝を彫り、左図のような流路を作れば、活性化後B投入までの時間を0.08秒にすることが可能です

☆いろんな所で使えます

コンテナサイズのプラント



Bayer's Process Equipment Container Unit installed at INVITE
http://www.itsfactory.com/scripts/pages/en/about_its/industrial_case_studies/

トレーラーで必要とされているところ、どこへでも運べます

船上プラント

洋上ガス田開発での利用が期待されています



東洋エンジニアリング バンフレットより



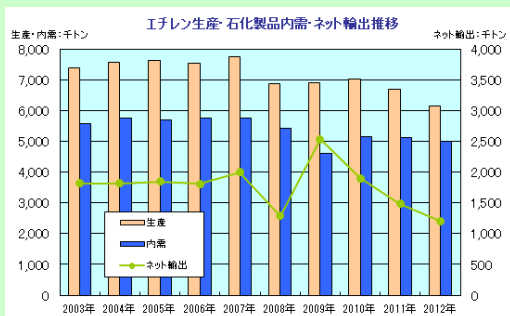
オンデマンド生産

活性が落ちやすい薬など、病院で最終製品化することも..

家庭用燃料電池はマイクロ化学プラントです。今後、家電のように、日常生活の中にマイクロ化学プラントが入り込む可能性は高いです

マイクロ化学プラントで日本の化学産業の革新を目指します

今後の日本の化学産業は、汎用品に頼ってはいけません



高付加価値品の生産には、温度や時間、混合度合いの精密制御が求められます

さらに、次世代のプラントは、下記のような特徴を持つことが望めます。

- ・多品種の製品が生産可能
⇒ 品種の切り換えが容易
⇒ 並列化による多品種同時生産連続プロセス
- ・研究レベルからの迅速な生産開始
⇒ 研究レベルでの条件設定が実生産に直接利用可能
⇒ 実験レベルから同一構造の連続装置利用
- ・需要の変動や個別受注生産に対応できるプロセス
⇒ スタートアップ/シャットダウンの容易なプロセス
⇒ 装置内ホールドアップが少ない連続プロセス



京大内にあるマイクロ化学プラント

マイクロ化学プラントは、これらの条件を満たすプラントです

研究の一端を紹介します (少し専門的)

プロセスの開発(長谷部、殿村)
(工学研究科、化学工学専攻)

反応の開発(吉田、永木)
(工学研究科、合成・生物化学専攻)

3研究室がそれぞれの特
徴を生かしながら、協力
して研究を進めています

装置の開発(前、牧)
(工学研究科、化学工学専攻)

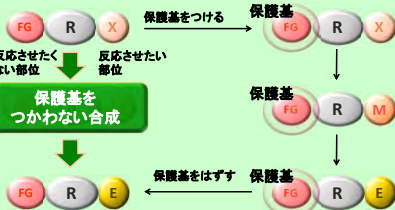
廃棄物が出ないグリーンな反応を目指して

背景

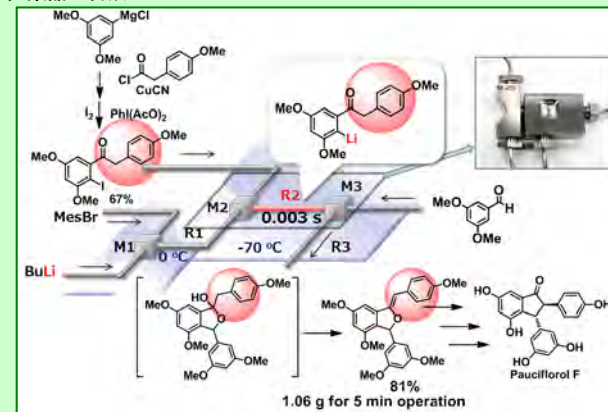
・有機合成において、反応性の高い官能基をその後の反応に不活性な官能基に変換しておくことを「保護」といい、その官能基を保護基(ほごき)と言う。また、保護した官能基は必要な反応が終了した後、適当な反応を行うことで保護をはずす。このことを脱保護という。しかし、保護基は、生成物には不要で廃棄物になり、合成ステップ数が増える要因にもなる。従って、保護基を使わない合成が必要となる。

保護基を使わない有機合成

マイクロリアクターを使うと反応時間を**ミリ秒オーダー**まで短く制御できるため、不安定な中間体を素早く発生させ、分解する前に望む反応に利用することができる。従って、保護基をつかわない合成が可能になる。



医薬品の合成



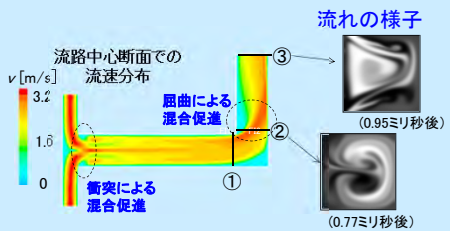
1ミリ秒で混ぜるマイクロミキサーの開発

背景

・ファインケミカル、ナノ粒子合成には温度制御・混合(濃度)制御が重要であり、最適な反応条件までいかに迅速に到達するかが鍵となる。そのため反応速度に応じた混合および熱伝達を可能とするマイクロリアクタの設計法を確立する必要がある。ここではマイクロミキサーの設計法を紹介する。

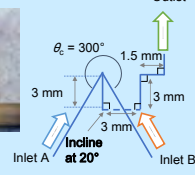
衝突・屈曲・縮流を利用したマイクロミキサー設計

CFDシミュレーションにより、衝突・屈曲・縮流の効果で流体層厚さが急速に減少し1msで混合を達成できることをチェック



応用例1

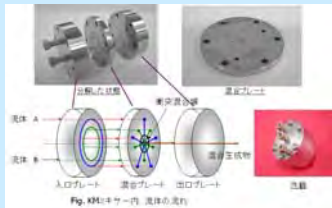
・3Dプリンタによる3次元衝突・屈曲・縮流マイクロミキサーの作製



流体A(赤)と流体B(青)が迅速に混合
流路幅を適正に設計することで1ms以下の迅速混合も可能

応用例2

・迅速混合ミキサーによる高分散顔料の作製



通常混合
反応よりも高速に混合
透明化!
(粒子サイズ小)

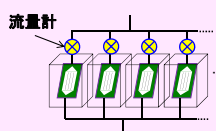
マイクロ化学プラントの安定運転を目指して

背景

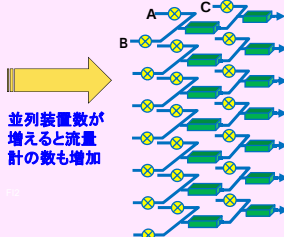
・マイクロ化学プラントの実用化には、長期連続運転に耐えられることが重要である。マイクロ装置は装置内の流路が狭いため、常に閉塞の危険にさらされている。ここでは、量産化のためにマイクロ装置が並列化されたマイクロプラントを対象に、各装置が健全に動いているかを常にチェックし、部分的にでも装置が詰まったら、その詰まりを指摘するシステムの開発について紹介する。

2つのセンサで多流路の詰まりを監視・診断

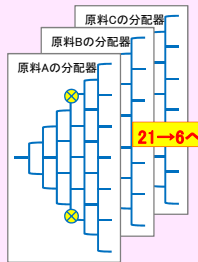
並列装置の閉塞を調べたい



全ての経路に流量計を設置すれば閉塞はわかるが...

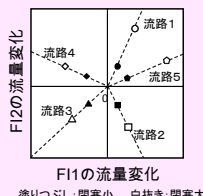


特殊な分配器構造を考案
各原料について、2つの流量計で詰まりを診断

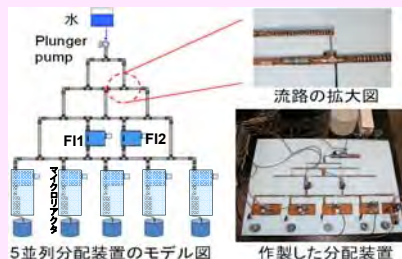


【原理】

流路抵抗を最適に設定すれば、流路閉塞時の測定箇所の流量変化は、2次元図上で一方向に現れる



3次元化する事で、64流路の閉塞を4つの流量計で診断するシステムを開発中



流体分配装置内に設置した2つの流量計で5流路の閉塞を診断

コンソーシアム活動

日本におけるマイクロ化学分野の研究拠点として、産学連携での人材育成と実用化促進のためのプラットフォーム作りをしています。

(1) 講習会、勉強会等の開催

会員企業研究者を対象として

- ①「マイクロ合成化学」の集中講義
- ②「マイクロ化学工学」の集中講義
- ③「マイクロ化学生産実習」(オリジナルテキスト+DVD)
- 1) 混合性能評価実験:
- 2) 温度制御性能評価実験:
- 3) 有機合成反応実験:

(2) マイクロリアクター実験トライアルの場と知恵の提供
(初期投資費用をかせずにマイクロ利用の可能性検討)

(3) 企業・研究機関等からのコンソーシアム内での
京都大学との共同研究の実施

(4) 会員相互の交流機会の提供

(5) 他のネットワークとの連携活動研究機関会員との連携

(6) 本会の活動に関連する
情報の収集・発信
ホームページ 学会報告等

詳細は
<http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/~7koza/mcps/>
あるいは
「京都大学」「マイクロ化学」で検索

(オリジナルテキスト)



100ページ
2日集中講義
210ページ
3日集中講義

平成25.26年度
複数の企業が共同で、2つのパイロットプラントを構築