

COMSOL CONFERENCE TOKYO 2013

December, 6

マイクロリアクタ閉塞診断を可能にする流体分配装置設計



京都大学大学院 工学研究科 化学工学専攻
プロセスシステム工学分野

殿村 修

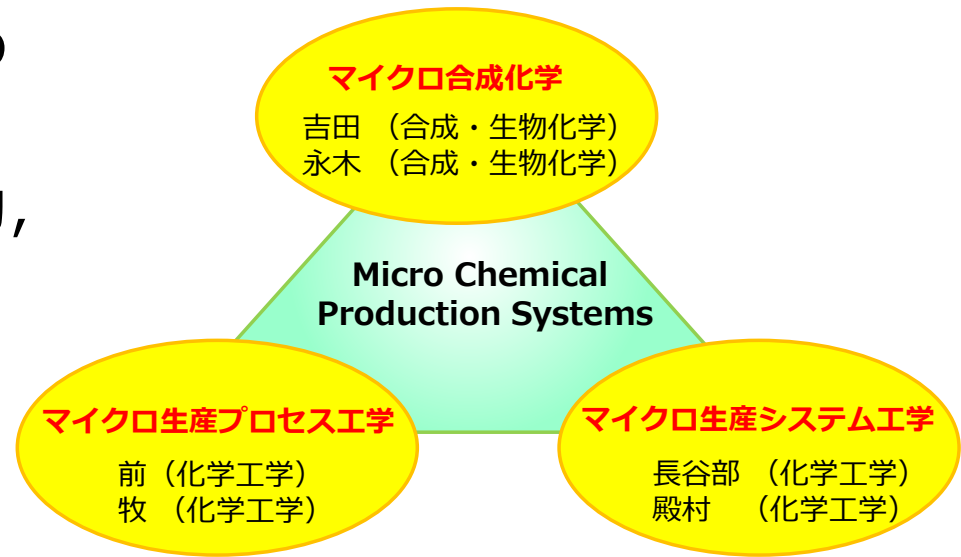


email: tonomura@cheme.kyoto-u.ac.jp



マイクロリアクタ - コンソーシアム活動 1

- 数十から数百 μm オーダーの微細流路をもつ反応器
- 特長は、高速な熱・物質移動、短い滞留時間
- 従来法では不可能とされていた反応プロセスを開発
- 数百トン/年の生産能力を有するマイクロリアクタを用いた高機能材料の実用化、商品化



京都大学マイクロ化学生産研究 コンソーシアム (2011~)

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

マイクロリアクタは革新的な技術として、従来の化学品製造プラントを一新する可能性を有している

Members

Chemical companies: 12

Device & plant suppliers: 8

Academic researchers in KU: 6

Other academic members : 4



マイクロリアクタ - コンソーシアム活動 2

Activities opened to all members

Lectures

- Micro Synthetic Chemistry (2 days)
- Micro Chemical Engineering (3 days)



Laboratory

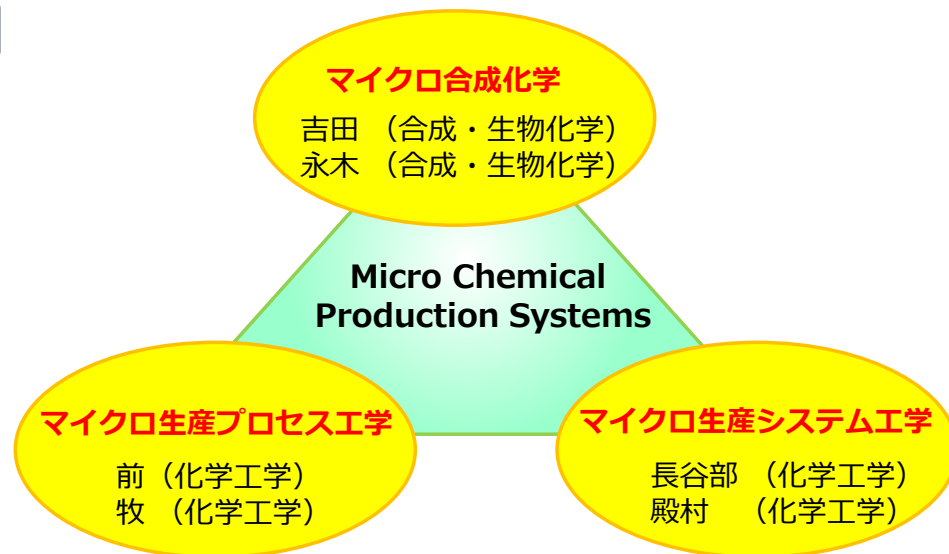
- Micro Chemical Process Experiment (3 days)
- CFD Simulation (1 day)



Regular seminars

Every two or three months

News Letters



京都大学マイクロ化学生産研究 コンソーシアム (2011~)

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

Members

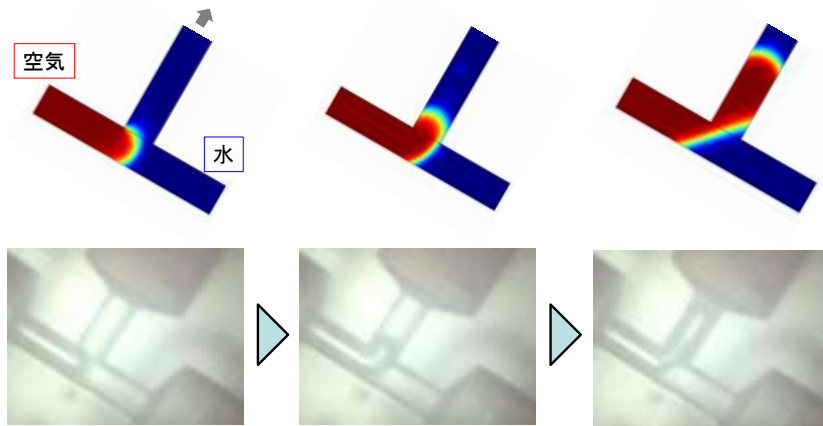
- Chemical companies: 12
- Device & plant suppliers: 8
- Academic researchers in KU: 6
- Other academic members : 4



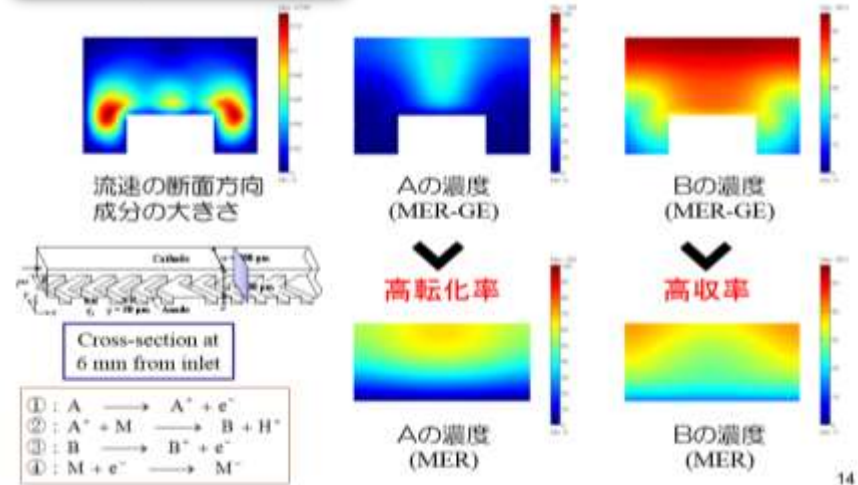
COMSOLシミュレーション例

3

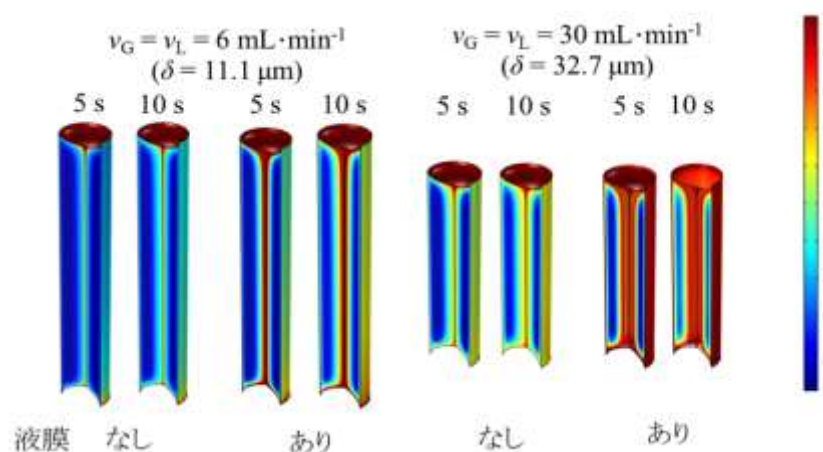
2相混合(時間依存)



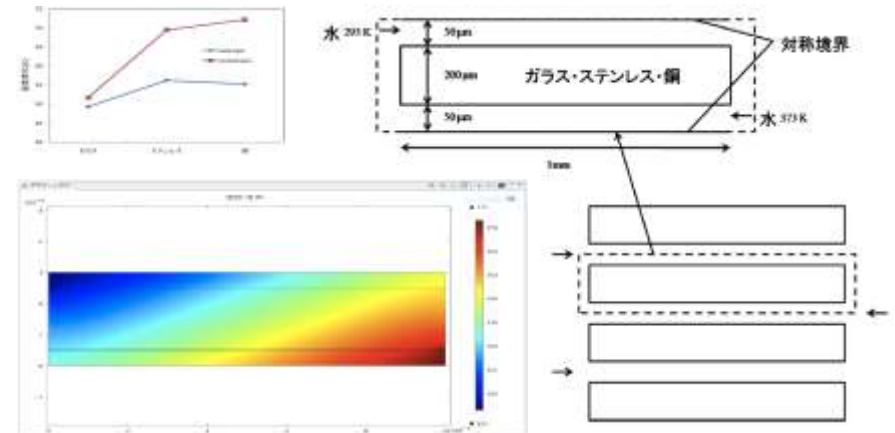
電解合成反応



液滴内混合(時間依存)



積層型熱交換





本日発表する研究の背景と動機

4

マイクロリアクタの実用化に向け、設計法や運転法の構築が必要不可欠

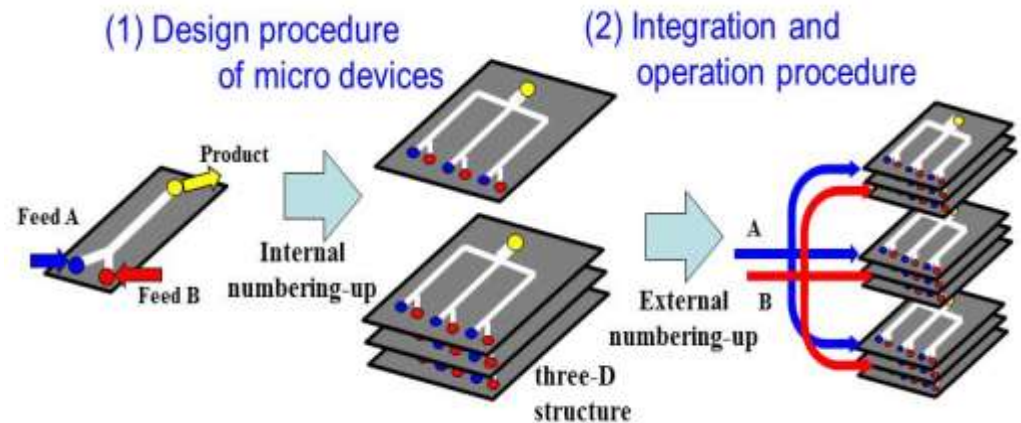
生産量の増大

- 内部ナンバリングアップ
- 外部ナンバリングアップ

➡ 要件：流体均等分配

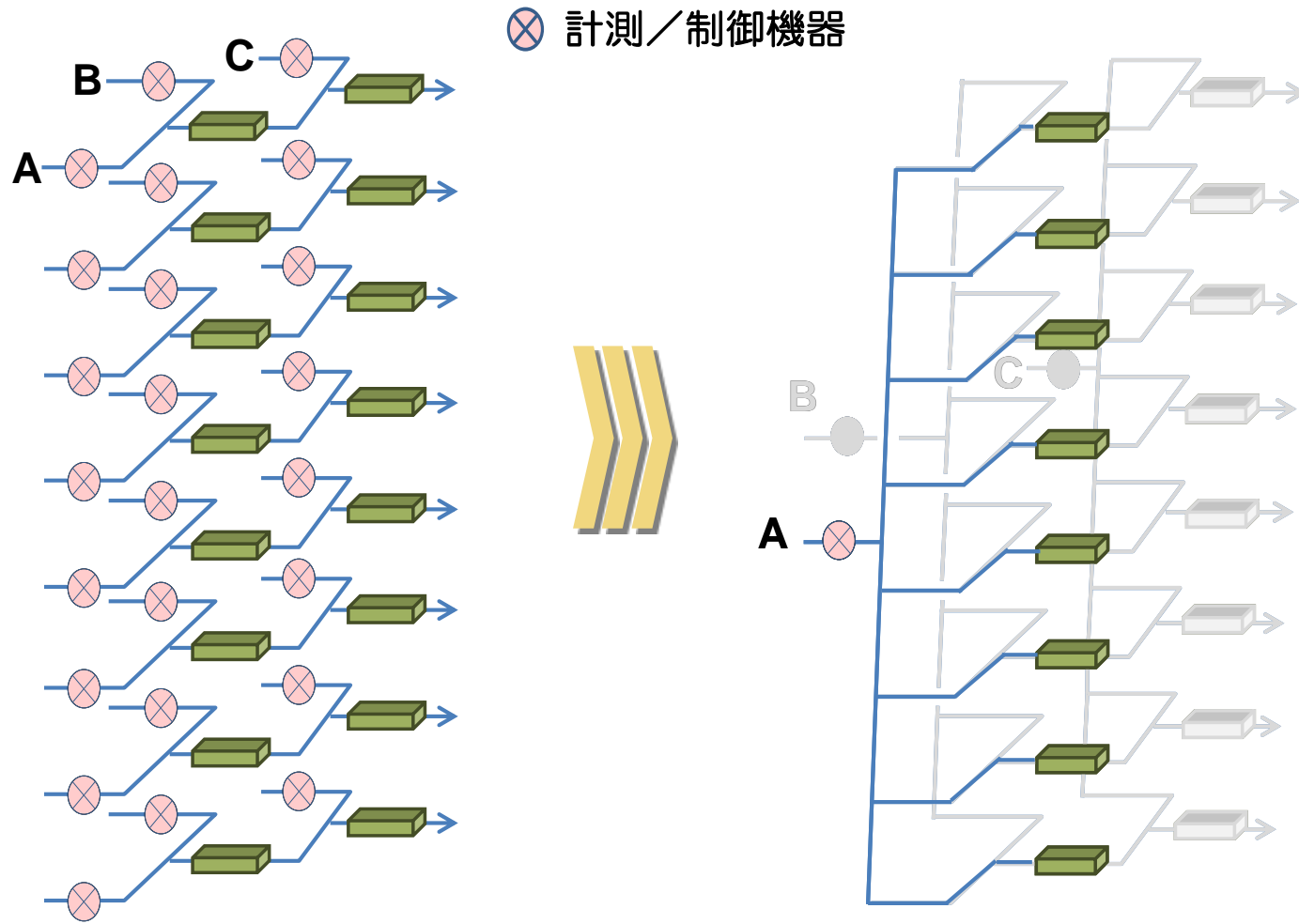
安定運転の実現

➡ 要件：閉塞検出・診断



マイクロプラントの場合、サイズの問題から、プラント製作後にセンサやアクチュエータを付加することが難しく、制御や操作のし易さまでも考えた設計が重要

計測・制御機器の削減

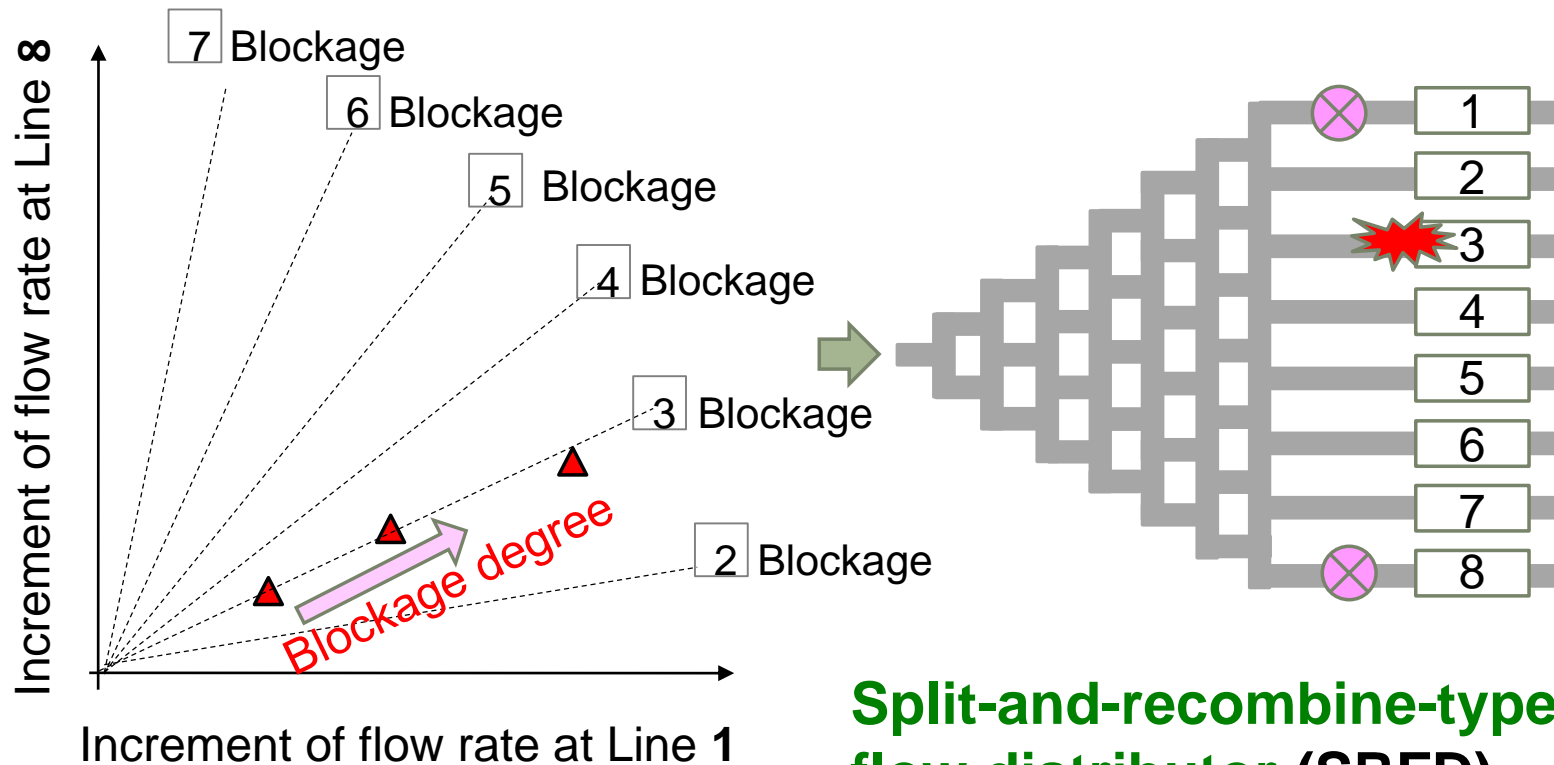


全ての経路に計測・制御機器を設置



閉塞診断法

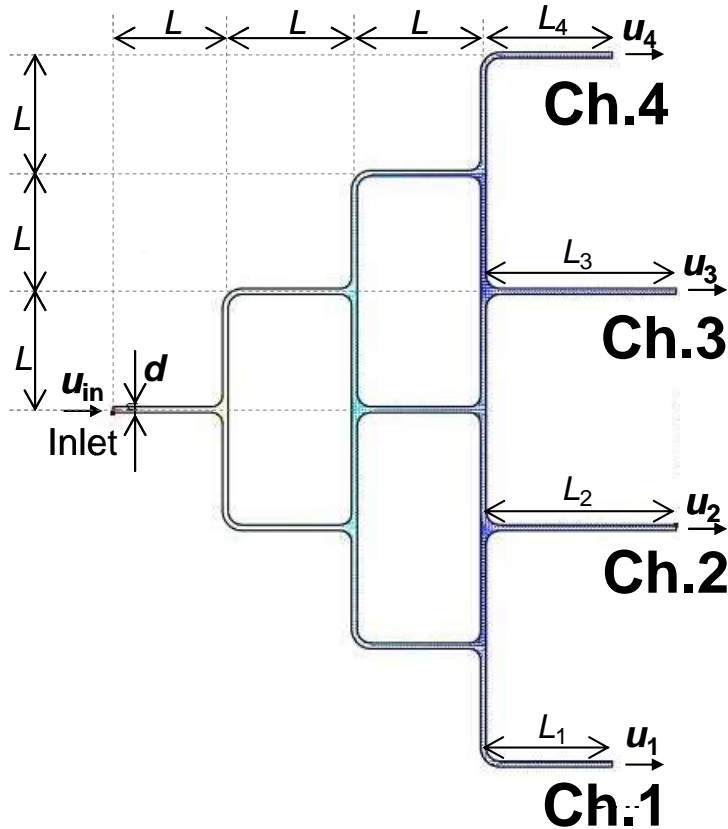
Can you clearly identify a blocked microreactor by using two flow sensors?



**Split-and-recombine-type
flow distributor (SRFD)**



流体分配装置・閉塞診断法の特性解析



検討項目

- ① 流入口の流量が流体分配に及ぼす影響

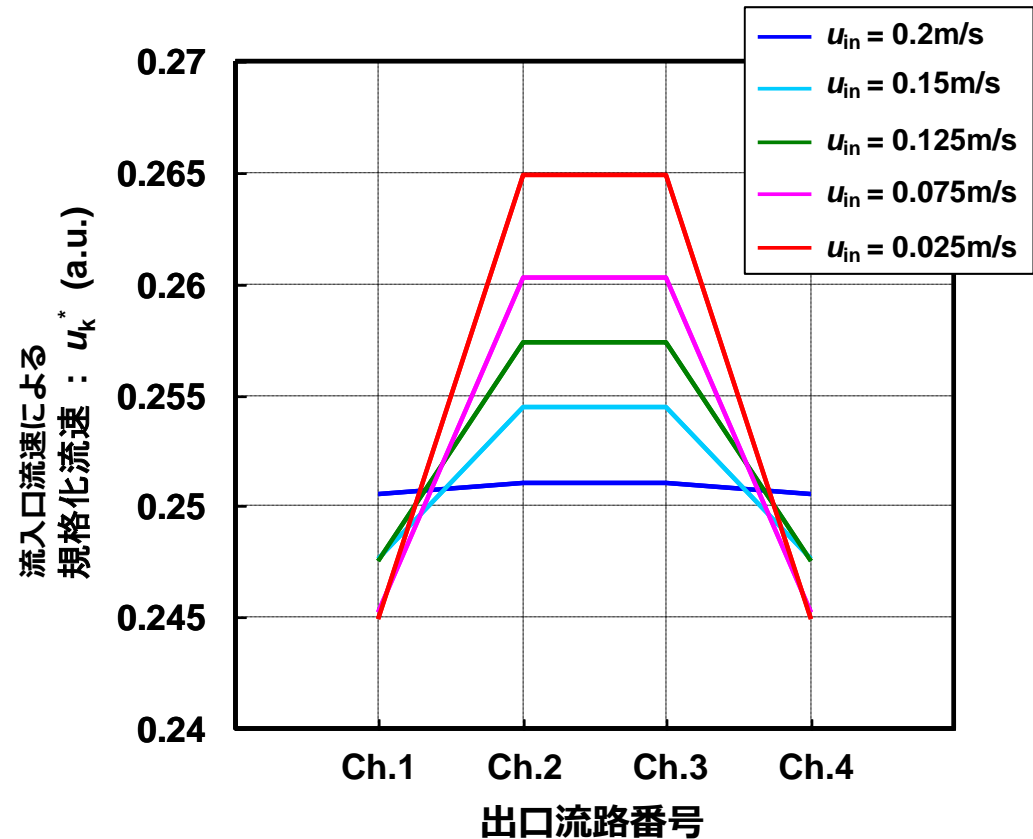
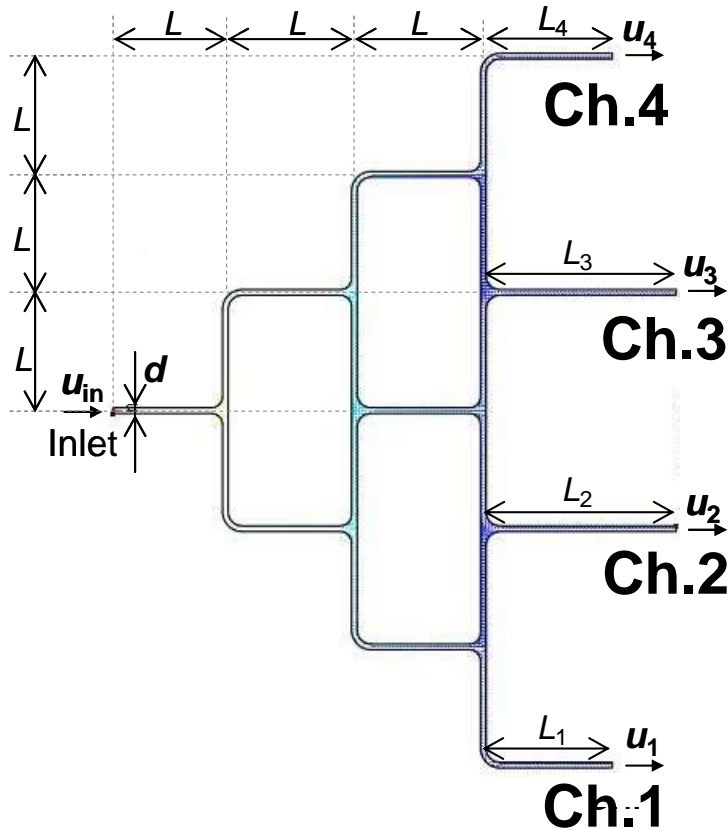
➡ 流量の変更に対してロバストな設計を目指す

- ② 正常マイクロリアクタの流体抵抗（圧力損失）が閉塞診断性能に及ぼす影響

➡ 分配装置に接続されるリアクタの抵抗によらず、優れた閉塞診断を実現する設計やセンサ配置を目指す



流入条件と流体分配

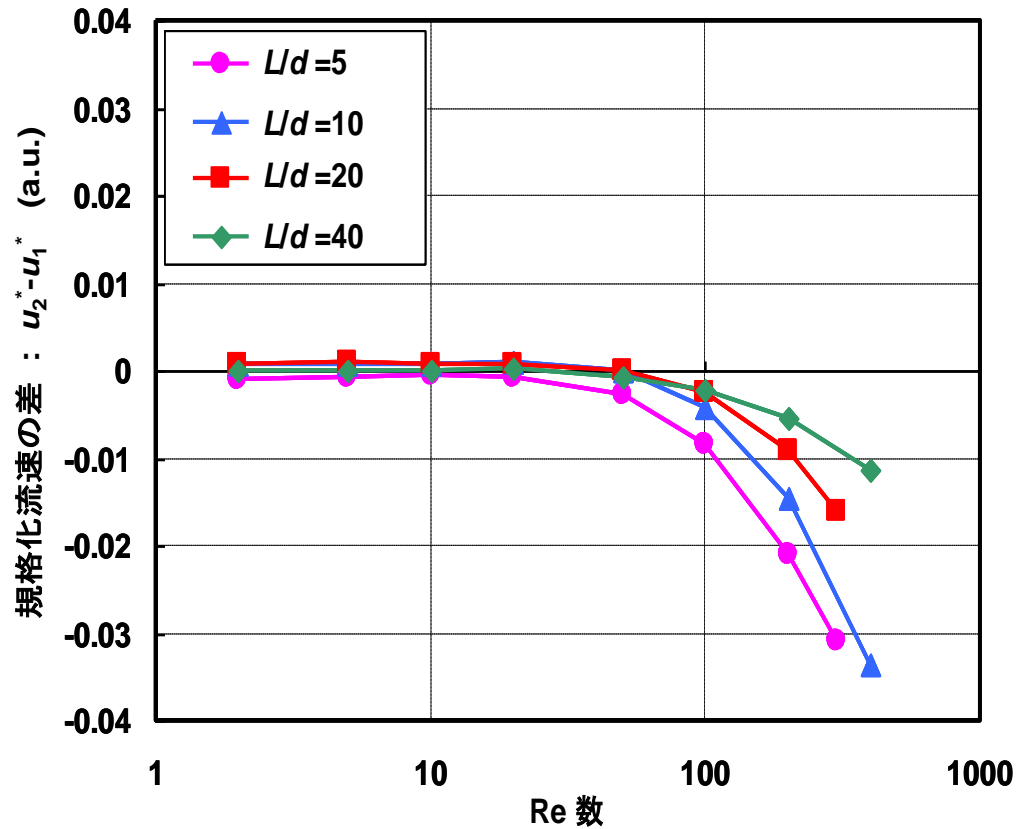
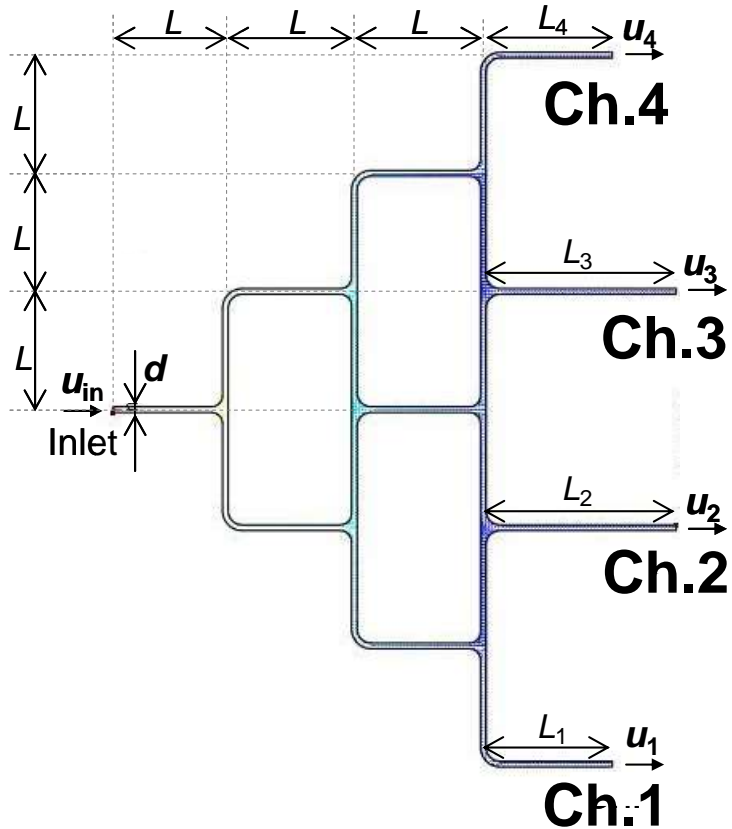


COMSOLを用いた流動シミュレーションの結果，流入流速によって分配比率が変化することが

→ 流入条件に応じて流体分配装置の再設計を要することを示唆



流入条件に対してロバストな装置設計 1

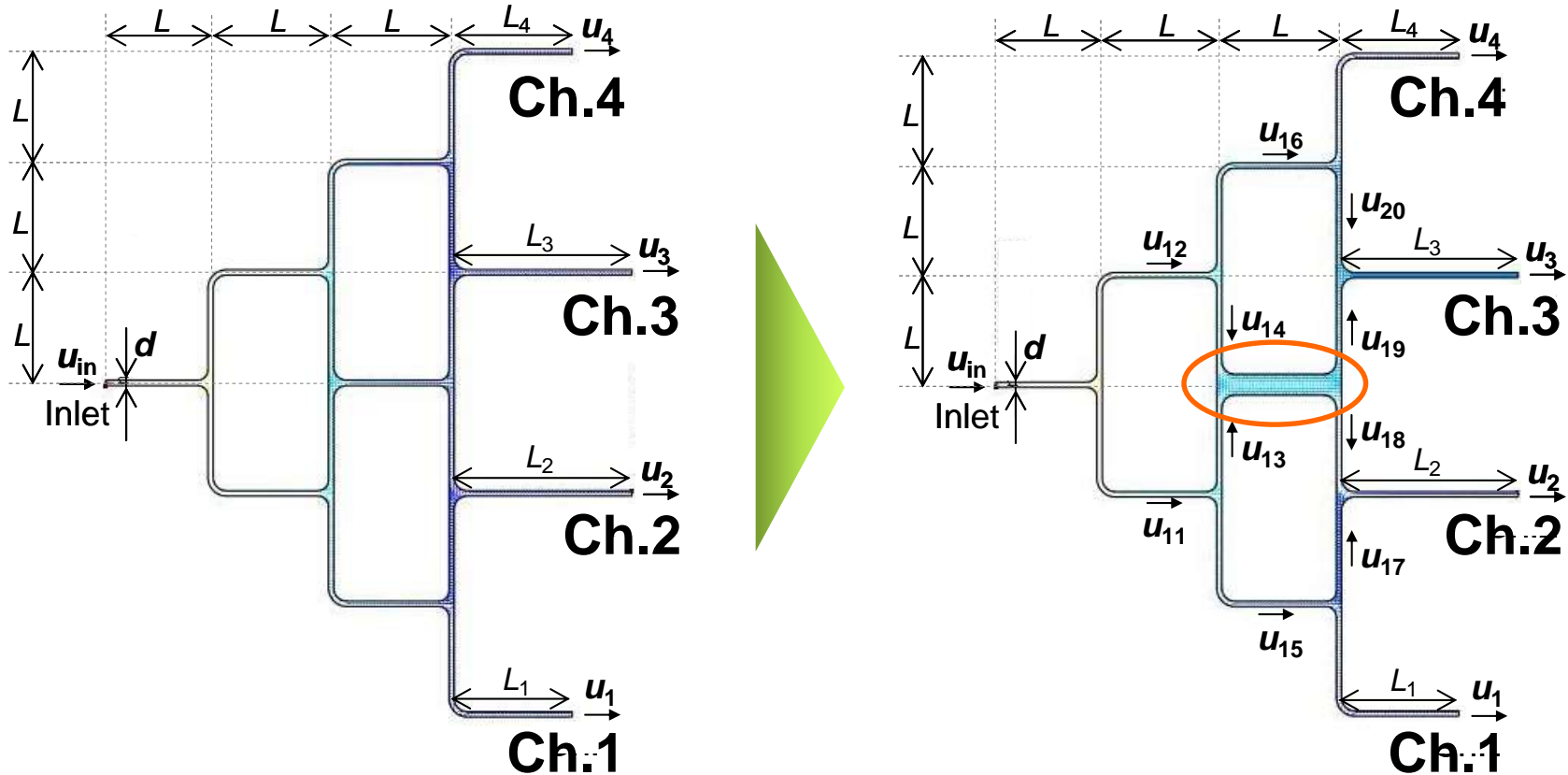


L/d は大きい方が、広い範囲の Re 数に対して流体均等分配を達成できることがわかる

→ L/d を大きくすることには限界がある



流入条件に対してロバストな装置設計 2 10

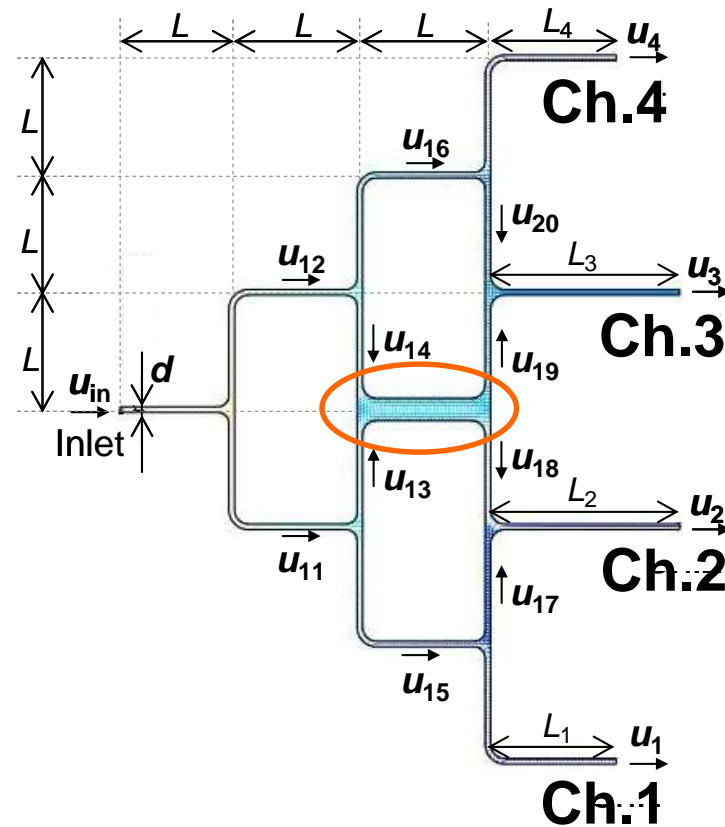
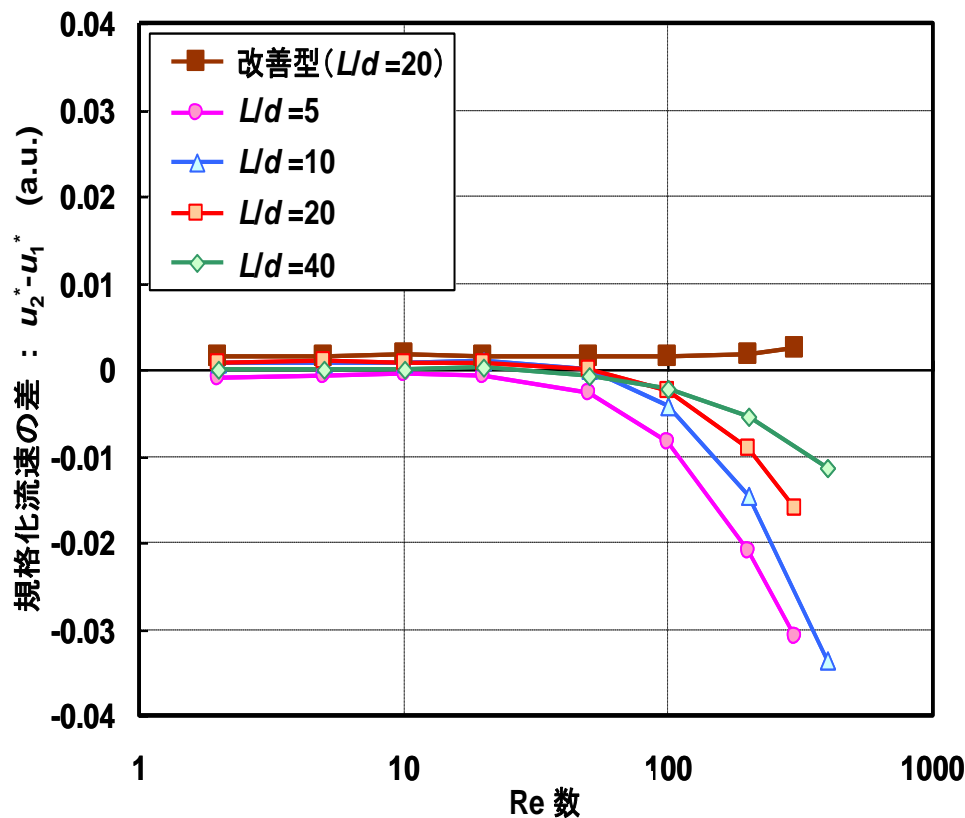


中央の流路には流れが集中していて、その分合流部での圧力降下の影響を緩和するような流路形状、即ち、赤の円で囲んだ流路を太くした形状を検討する。



検討①

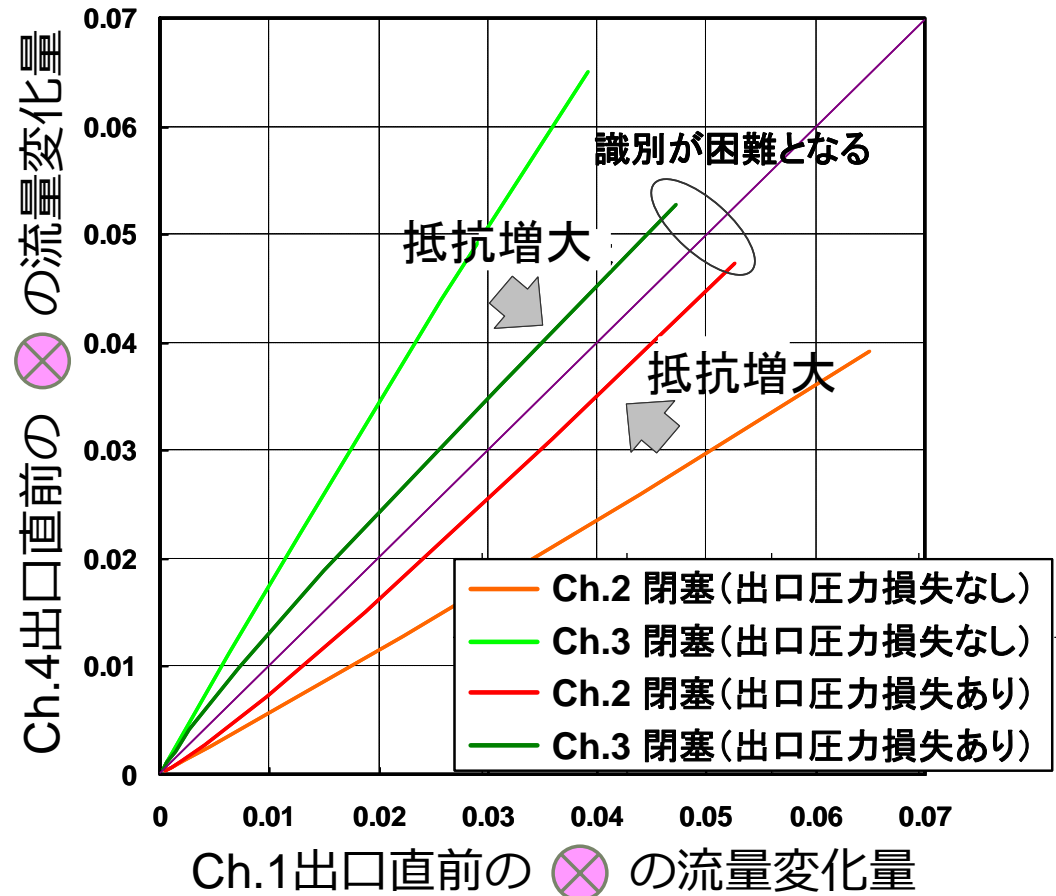
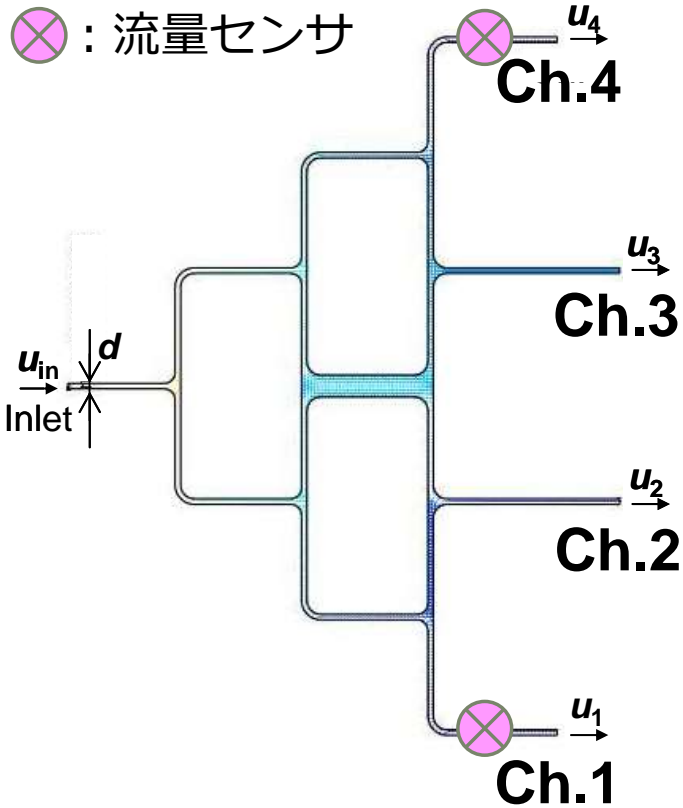
流入条件に対してロバストな装置設計 11



中央流路を太くすることは、より広い範囲のRe数に対して流体均等分配を達成することに有効だとわかる



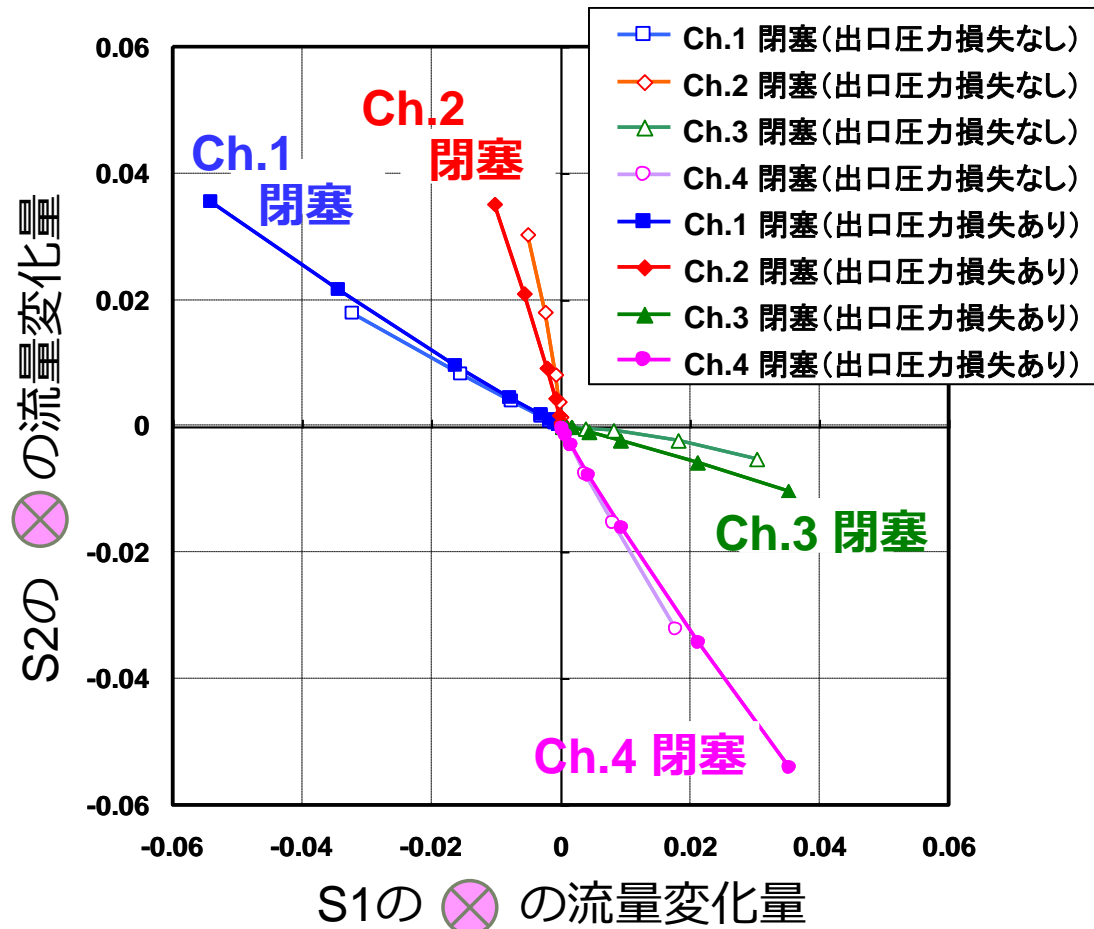
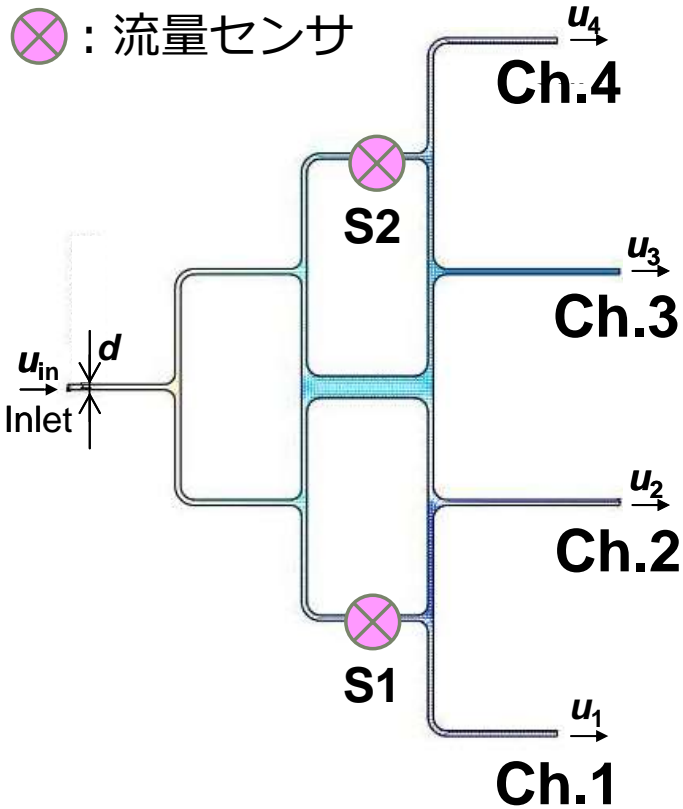
正常リアクタの抵抗と閉塞診断



このセンサ位置の場合，分配装置出口に接続されるマイクロリアクタの抵抗の大小が閉塞診断性能に影響する
 → 流量測定箇所の変更を検討する



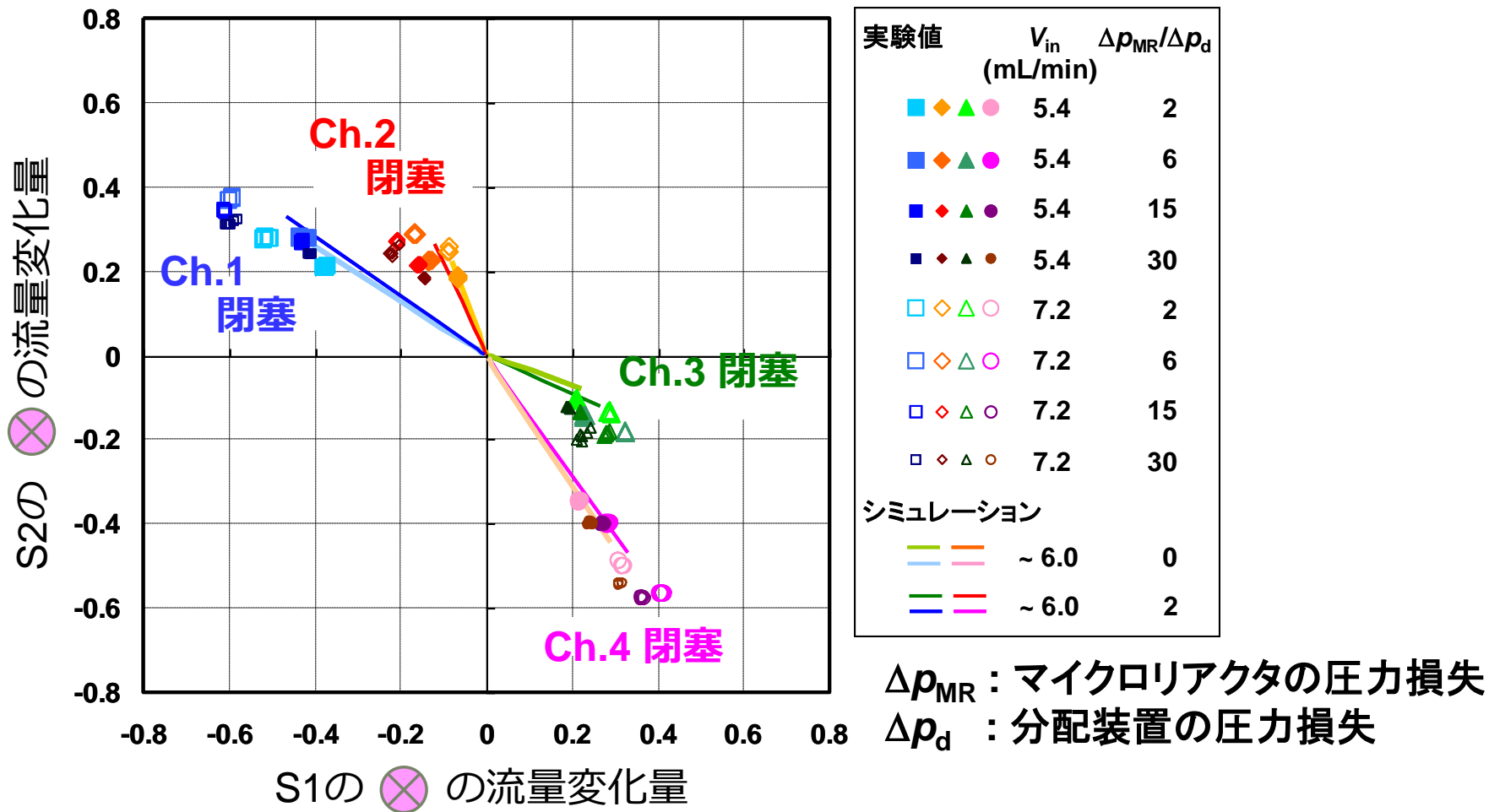
正常リアクタの抵抗と閉塞診断



分配装置内部に流量測定箇所を設けると、分配装置出口に接続されるリアクタの抵抗の大小によらず、優れた閉塞診断が可能である



シミュレーションと実験の比較



正常マイクロリアクタの抵抗が分配装置の抵抗の30倍程度までなら、抵抗値に依らず閉塞リアクタの特定が可能であることが実証された



まとめ

15

生産量を増やすべく並列化されたリアクタ個々にセンサを取り付けることなく閉塞診断を可能にする新規流体分配構造を提案

COMSOLシミュレーションにより、流入条件やマイクロリアクタ抵抗の変更に対して、首尾よく流体均等分配および閉塞診断を実現できる設計指針を提示

