

圧力駆動の概念による 省エネルギー型蒸留技術の開発

徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

外輪 健一郎

E-mail: sotowa@chem.tokushima-u.ac.jp



徳島大学研究者との集い
平成24年11月26日



講演内容

- 蒸留とは
- マイクロリアクタの研究から
- 圧力駆動型蒸留システムの提案
- 性能の考察
- まとめ

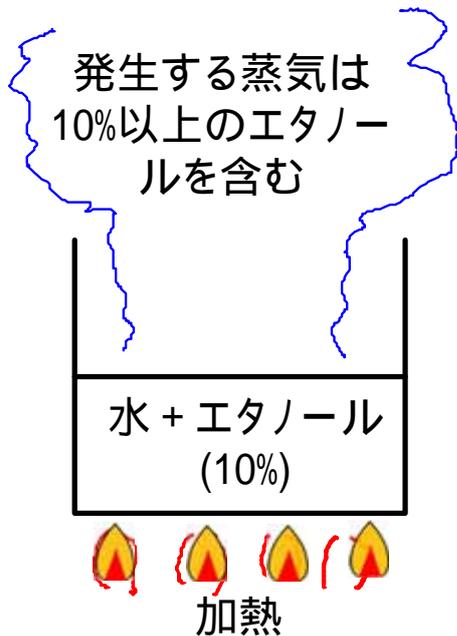
蒸留とは？

- 長い歴史を持つ分離技術
- 分離精製に広く使われている
- 気液平衡のみを利用した分離→加熱・冷却だけで分離できる
- 装置の設計、運転条件により純度を制御できる

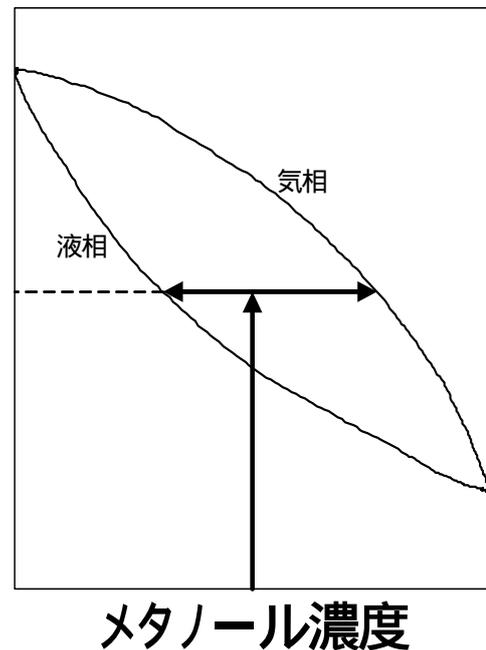


石油化学工業協会
ホームページより

蒸留の原理

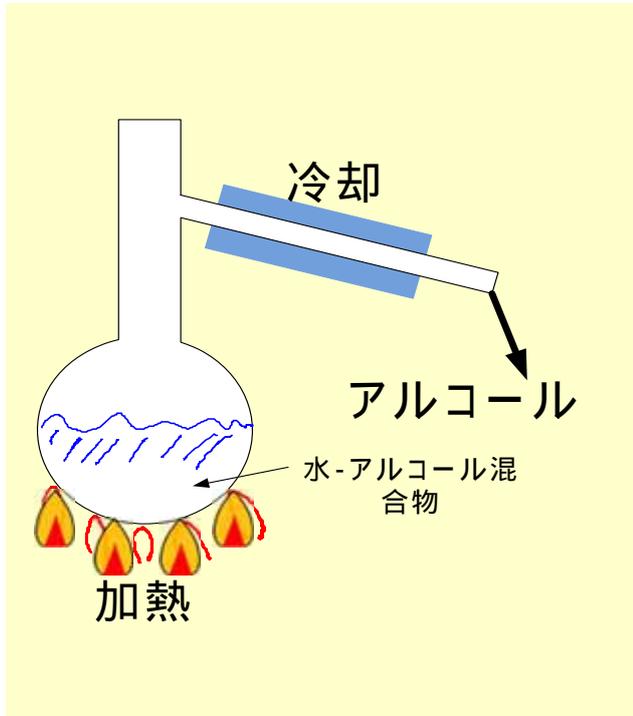


T-xy線図
(温度と濃度の関係図)

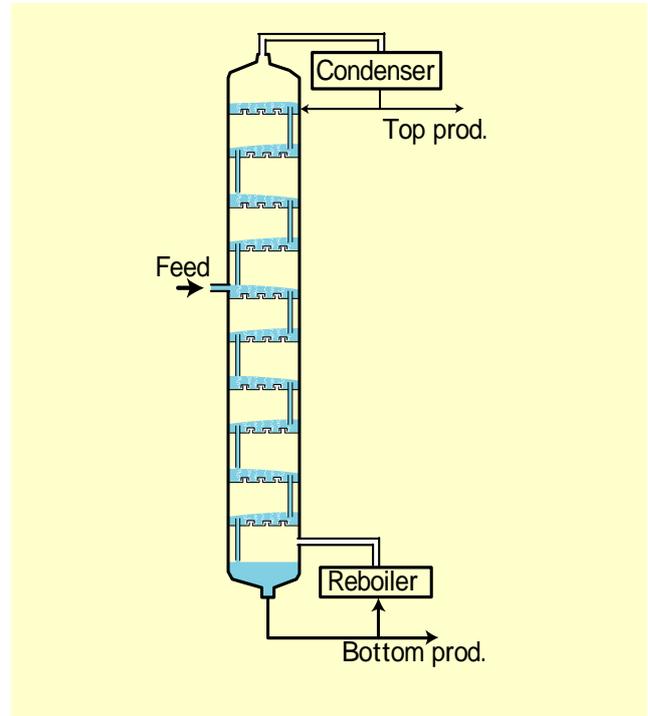


代表的蒸留装置

単蒸留

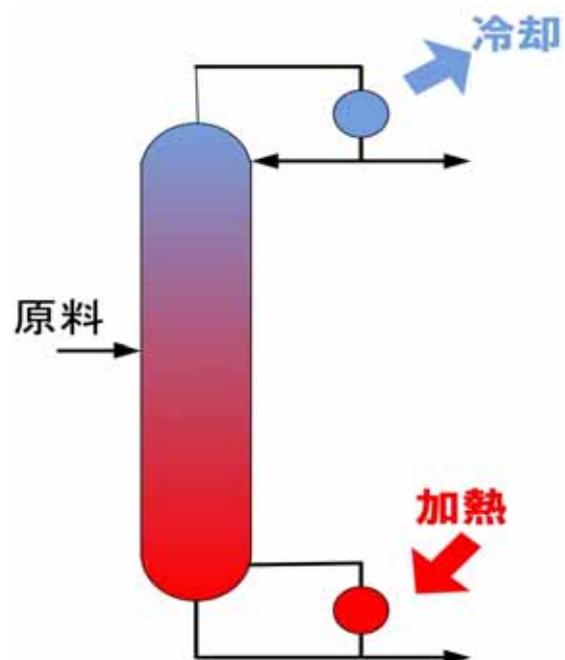


多段蒸留



従来法の問題

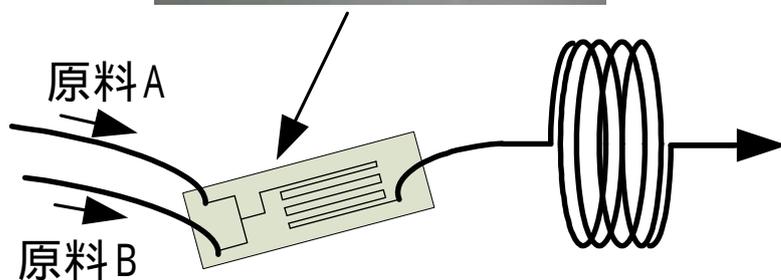
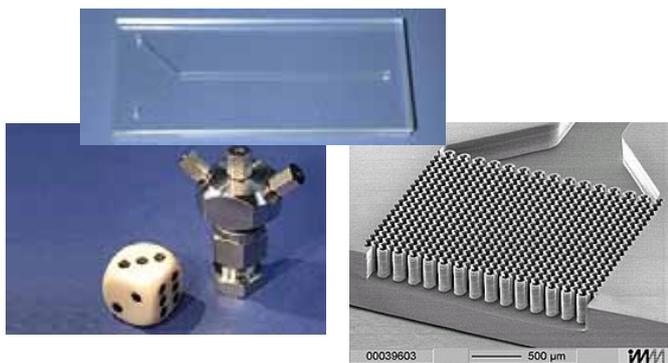
- 加熱と冷却が必要
- 与えた熱を再び除く必要有り
- 化学産業全体で使うエネルギーのうち蒸留は40%を占めると言われている



講演内容

- 蒸留とは
- マイクロリアクタの研究から
- 圧力駆動型蒸留システムの提案
- 性能の考察
- まとめ

マイクロリアクタ研究



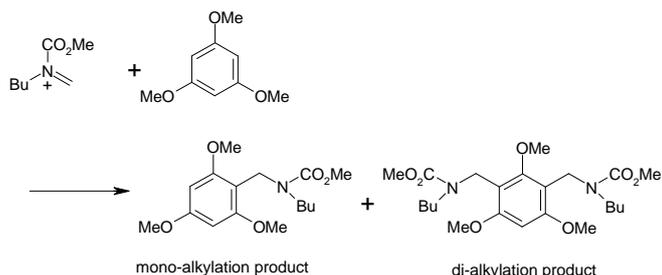
特徴

- 微細な流路を利用した反応装置
- 迅速な混合が可能
- 熱移動速度を大きくできる
- 精密な滞留時間制御が可能
- フロー化による省力化、品質安定化

各種反応事例

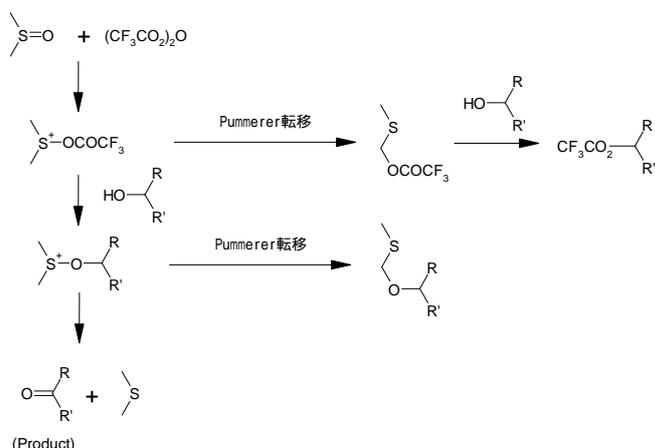
フリーデルクラフツ反応

Suga et al, Chem. Comm., 354, 2003



スワン酸化反応

Kawaguchi, Angew. Chem. Int. Ed., 44,2413, 2005



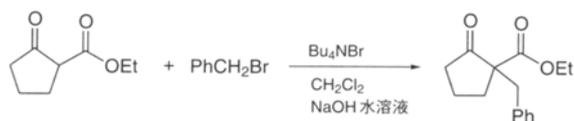
アゾカップリング反応

Kim et al., Macromol Symp., 187(1), 631, 2002.

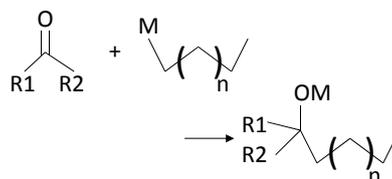


相間移動触媒

M. Ueno, et al., Chem. Commun., 936-937, 2003.



Merck社 1998年より稼働



プラントの事例

ダイキンファインケミカル研究所

フッ素化合物による、2段階液相反応、発熱反応

	バッチ	新プロセス
反応収率	83%	92%
反応時間	8時間	37分



東レエンジニアリング, Press release, 2009年4月16日

FMR: Pilot plant



Max throughput = 1000t/yr

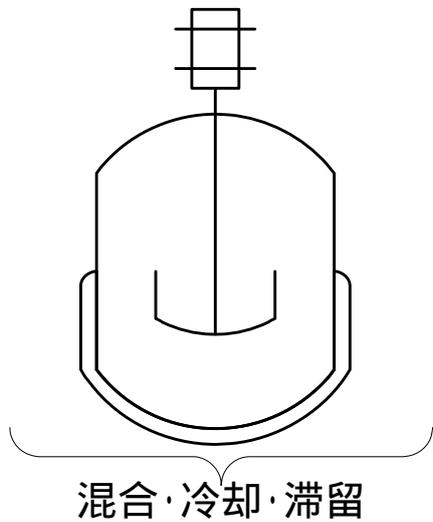
謝辞: NEDO産業技術研究助成事業

講演内容

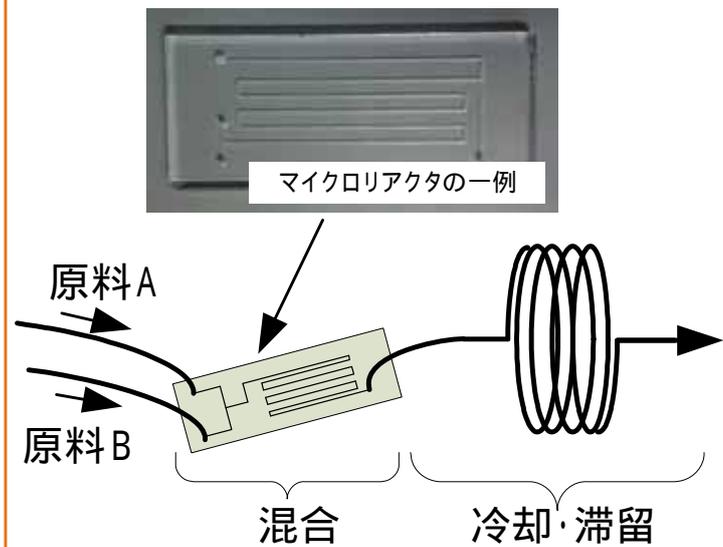
- 蒸留とは
- マイクロリアクタの研究から
- 圧力駆動型蒸留システムの提案
- 性能の考察
- まとめ

マイクロリアクタ再考

通常の反応装置



マイクロリアクタの使用例

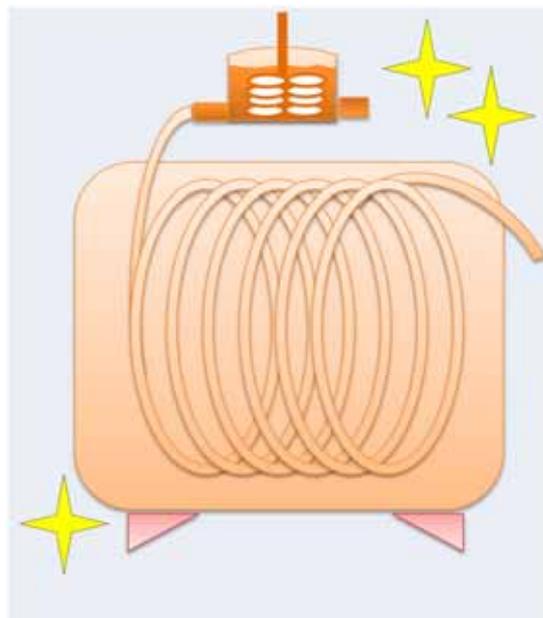


個別に強化されているので、性能アップさせやすいとも考えられる。

13

マイクロ空間に基づく装置開発

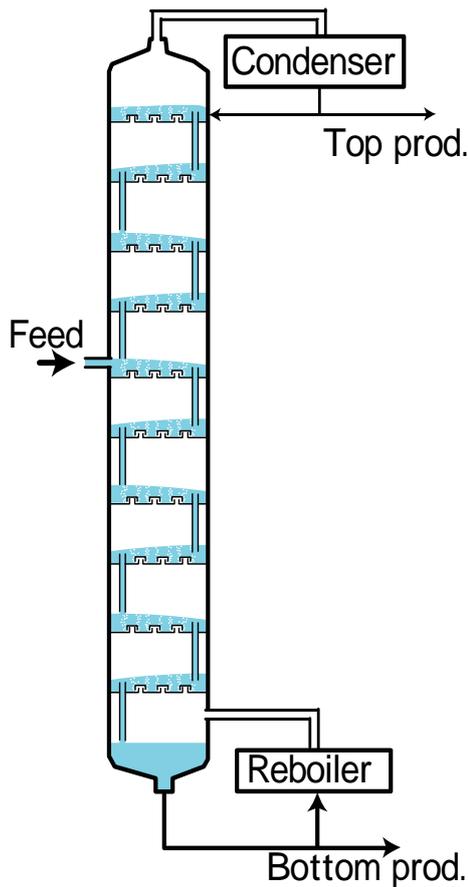
- 機能分解・強化・再構成による新規装置開発



新規化学装置

14

蒸留装置



- 重力を利用している
- 気液の向流接触
- 段間隔は20cm以上

↓

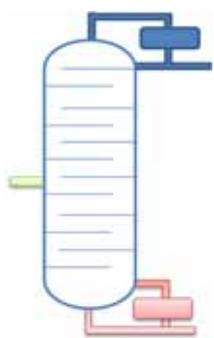
マイクロ化は困難？

15

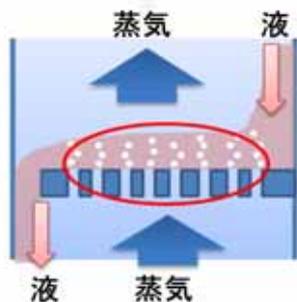
蒸留塔の機能分解と再構成

機能へ分解

合成



蒸留塔



段

気液接触

滞留(平衡)

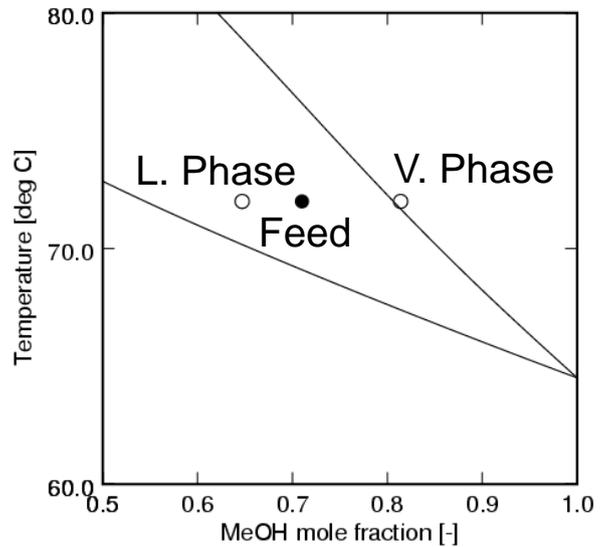
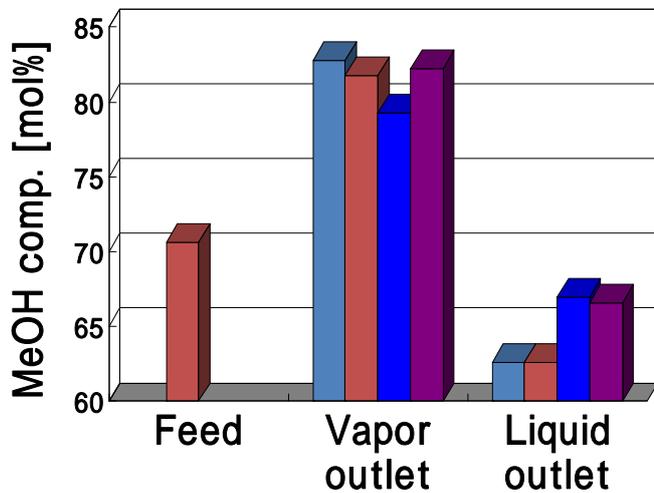
気液分離



マイクロ技術の活用

蒸留デバイスの評価結果

T=72
Pulling rate= 0.01mL/min

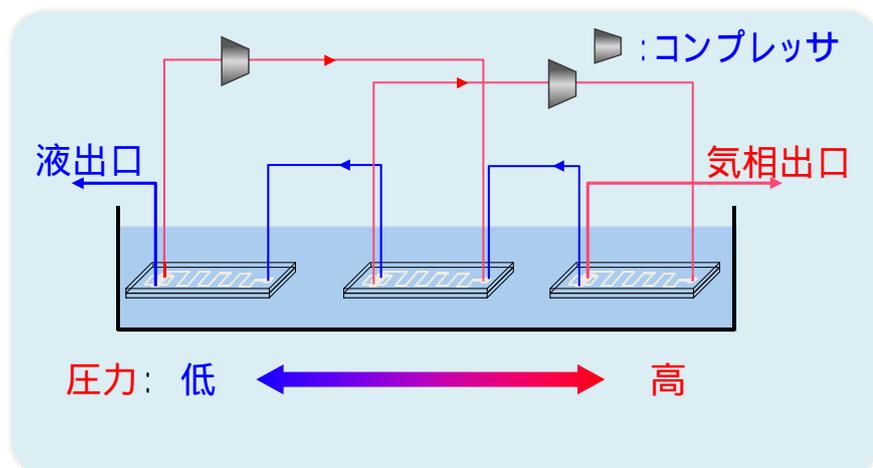


平衡に近い分離を実現可能

外輪ら、化学工学会35回秋季大会、2002
外輪ら、化学工学会第68年会、2003

17

多段化法 — 提案法 —



- 温度制御が容易
- 熱統合が図れる
- 蒸気の移動(低圧側 高圧側)にコンプレッサが必要
- 液は(高圧側 低圧側)は圧力差により流れる
- 温度差を利用した方式よりも容易に実現可能

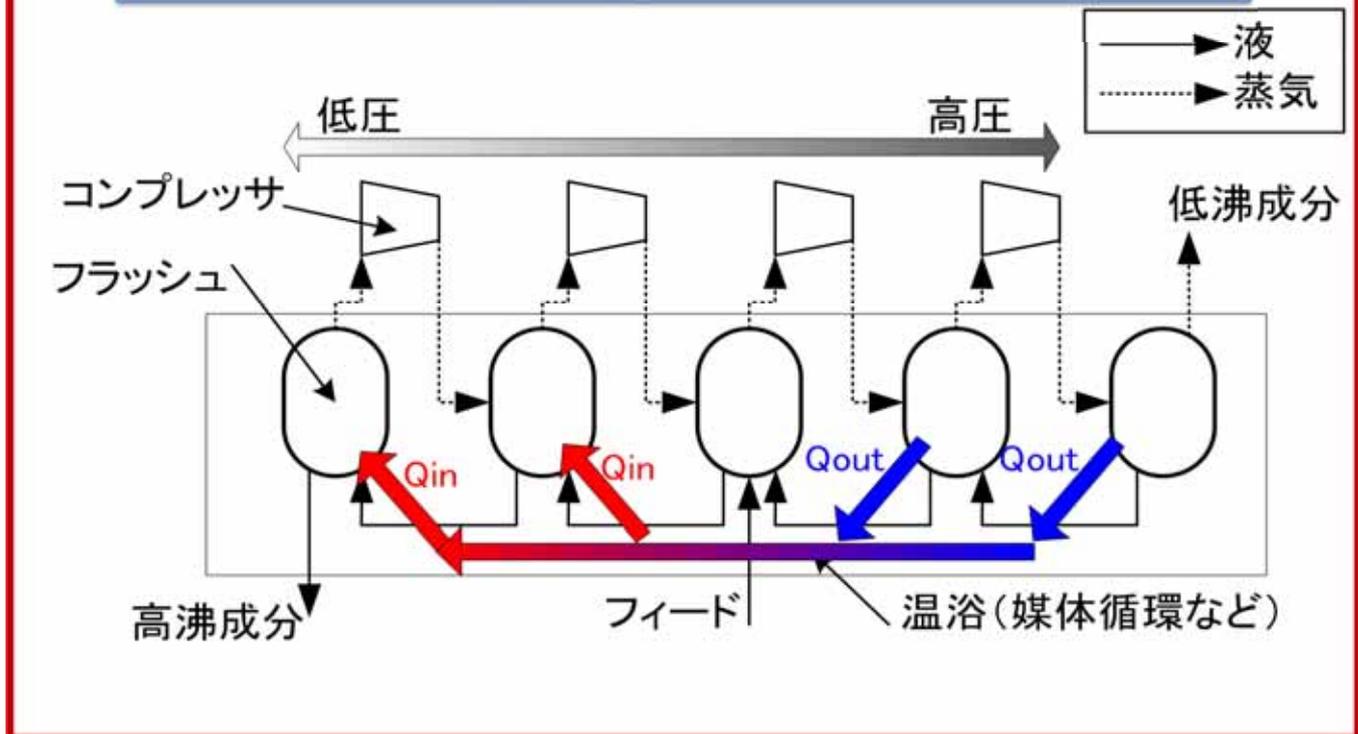
すべての温度を一定にし
各段の圧力を変化させる

福森ら、化学工学会第39回秋季大会、2007
Fukumori et al., Symp. Chem. Eng., 2007

高いエネルギー効率を示す可能性

導出された蒸留システム

圧力駆動型蒸留システム (PDDS)

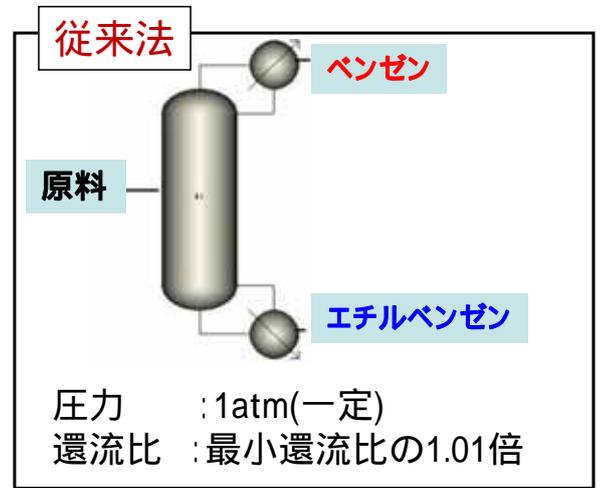
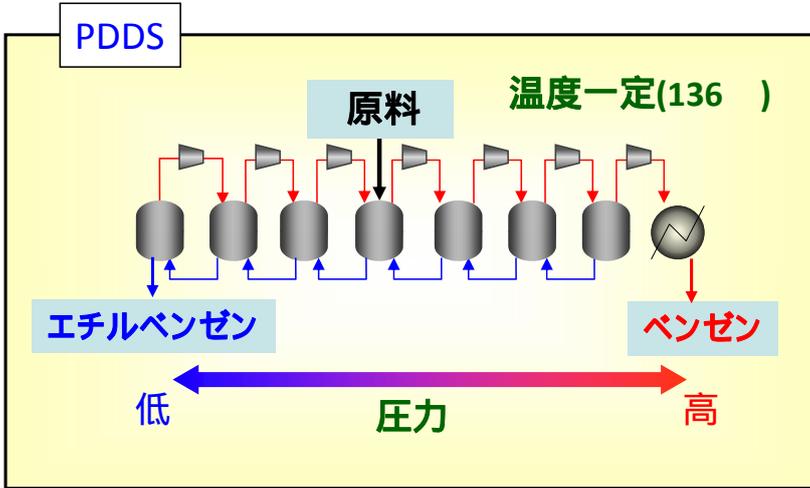


講演内容

- 蒸留とは
- マイクロリアクタの研究から
- 圧力駆動型蒸留システムの提案
- 性能の考察
- まとめ

消費エネルギーの計算例

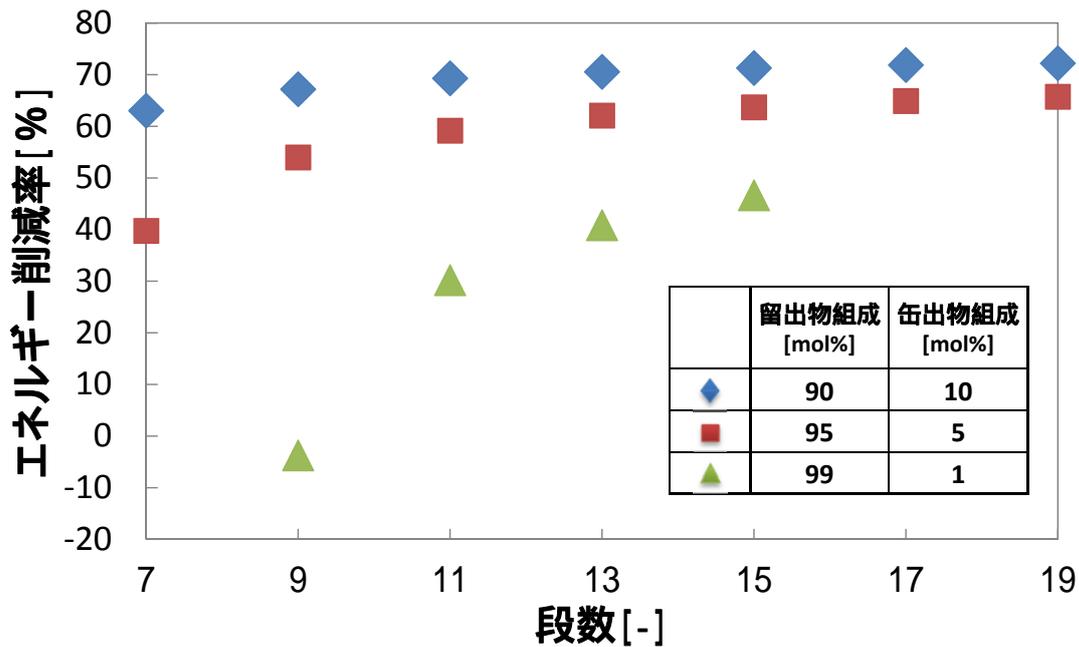
分離対象 : 50 mol% ベンゼン-エチルベンゼン 系
 原料 : 10 kmol/hr, 50



$$\text{所要エネルギー} = \frac{\text{総コンプレッサ動力}}{(\text{機械効率}) \cdot (\text{発電効率})}$$

$$\text{所要エネルギー} = (\text{リボイラ熱量})$$

省エネルギー効果



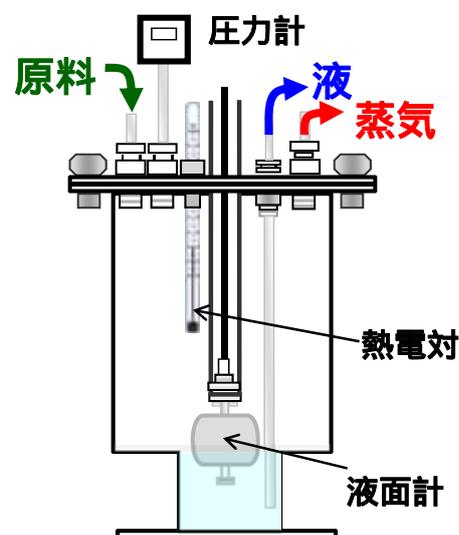
大幅な省エネルギー化の可能性を示唆

設計に関して

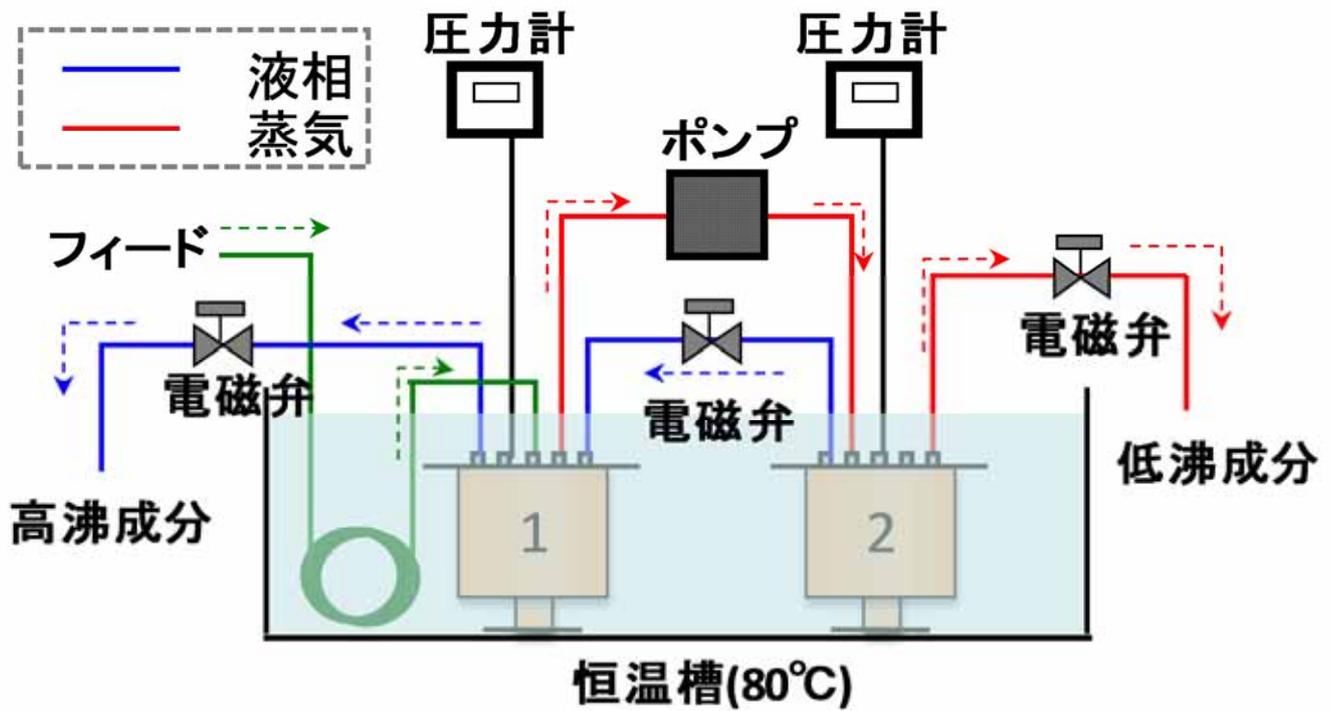
- T-xyではなく、P-xy線図を使えばMcCabe-Thiele法などで設計が可能
- 各段の圧力を調整して省エネ性を高めることが可能
- 圧力範囲は、運転温度における各成分の蒸気圧で決まる。
- 水-MeOH系の場合1 ~ 3.5atm(@100)
20段とすると平均圧縮比は $(3.5)^{1/20}=1.06$

一段用のモジュール

一段用のモジュール(レベルセンサと圧力計つき)

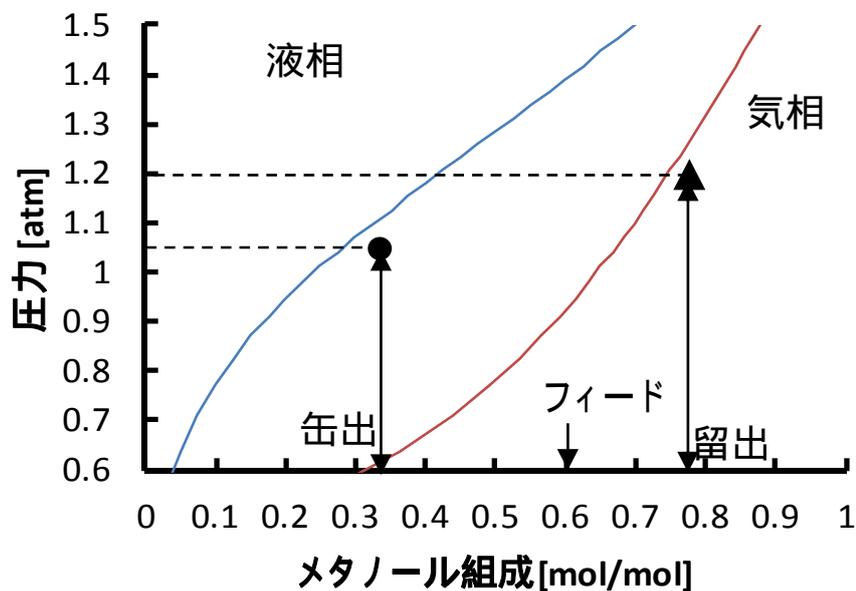


評価実験



実験結果

1段目=1.05atm、2段目=1.2atm、温度=80°
フィード=60mol%メタノール水溶液, 100mL/min



2段の分離を実現できているといえる
今後は段数を増やし、省エネルギー性の検証を行う予定

まとめ

- 圧力駆動型蒸留システムを提案した。
- 従来比40%以上の省エネ化が期待できる。
- 一方で、実験を通じた検証を進める必要がある。

謝辞

科学研究費補助金若手研究B(H15-16年度)
マイクロ多段蒸留技術の開発

文科省都市エリア産学官連携促進事業「発展型」岡山南エリア(H17-19年度)
マイクロ反応プロセス構築のためのアクティブマイクロリアクターの開発

NEDO産業技術研究助成事業(H19-21年度)
深溝型マイクロリアクタによる高効率合成プロセスの実用化研究

科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(H21-23年度)
温度分布を持たない蒸留装置の創出による化学工場の省エネルギー化技術の開発