

化学工学特論 I

山本 大吾



授業計画

第1回 導入（気液平衡・フラッシュ蒸留） **（オンデマンド）**

第2回 気体のPVTと熱力学（2章）

第3回 反応プロセス（3章）

第4回 反応プロセス（3章）

第5回 熱交換器（4章）

第6回 蒸留（5章）

第7回 蒸留（5章）

第8回 蒸留（5章）

第9回 蒸留（5章）

第10回 蒸留（5章）＋抽出（7章）

第11回 ガス吸収（8章）

第12回 反応工学－CSTRとPFR－（9章）

第13回 反応工学－非等温反応器－（10章）

第14回 プロセス設計（12章）

オンデマンド課題（筆記の部）

期末試験（シミュレーションの部）

受講者の習熟度によって授業計画が変更する可能性がある。

<概要>

同志社大学理工学部化学システム創成工学科では、カリキュラムに則って、様々な量論計算（物質収支・熱収支）や単位操作（反応・蒸留・ガス吸収・熱交換など）の化学工学的計算が修得できる。しかしながら、化学工学および関連分野の知識を総合的に活用し、単位操作を組み合わせた化学プロセス全体を俯瞰した科目は皆無であると言わざるを得ない。

本講義では、化学プロセスシミュレータ（フリーソフト：COCO/ChemSepアプリ）を用いて、各単位操作を組み合わせることで様々な化学プロセスの設計を体感し、設計指針の理解を目的とする。

ここで、シミュレータの内部計算のブラックボックス化により、化学工学の理論・原理を十分に理解しなくてもプロセスを構築できる点に注意を払うべきである。これは大きな利点でもあるが、一方で、シミュレータの普及によって、化学工学的な専門知識が養われず計算結果の妥当性の検証およびプロセスの最適化ができる専門家が減少することが懸念されている。本講義では、化学プロセスシミュレータを単にツールとして利用するだけでなく、同一のプロセスに関して、従来の化学工学的計算（関数電卓・Excelによる解法）も行うことで、内部でどのような計算処理がなされているかをしっかりと理解してもらいたい。

ケミカルエンジニアとして将来の展望を抱く学生には、是非、受講いただきたい講義である。

< 成績評価基準 / Evaluation Criteria >

平常点(出席, 小テストなど)	45%	授業への出席および理解度確認のための小テスト。
オンデマンド課題(筆記の部)	20%	講義で取り扱った化学工学的計算(関数電卓・Excelによる解法)の数値改変問題を課題として課す。
期末試験(シミュレーションの部)	35%	化学プロセスシミュレータを用いた各単位操作およびプロセス設計に関する理解度の確認。

X+Y+Z ≥ 70点で合格(C判定)!

○平常点(出席、小テストなど) (X: 45点)

毎週、講義最後に小テストを解く。相談可。

○オンデマンド課題(筆記の部) (Y: 20点+α) : 化工計算

第14週にオンデマンド課題を与える。相談可。

○シミュレーションの部 (Z: 35点) : シミュレータを用いた計算

教科書・関数電卓の持込可。相談不可。

※就職活動関連で欠席する場合の成績評価について

1. 通常授業の場合

平常点として配慮する(要: 信憑書類)

2. 期末試験(シミュレーションの部)

就職の採否に関わらない場合(インターンなど)、**追試の対象とはならない**



受講生の声



20代男性

これまで習った単位操作をシミュレーション上で組み合わせていくのがパズル感覚で楽しかったです。一見複雑で難しく感じるかもしれませんが、一つ一つ丁寧に習うので、安心して取り組んでいってもらえれば大丈夫です！



20代女性

学部で勉強してきた化学工学的解法の総復習とシミュレーション解法による実践的な演習の両方を学べる点が非常に良かったです。また、資料がカラーで、手順も丁寧に記載されていて分かりやすかったです。満足度が高く、履修して良かったと思える講義でした。



20代男性

インターンシップや選考を受ける中で企業の方は、「今後はシミュレーションや機械学習などを活用してプロセス開発を進めたい」とおっしゃっていました。学生の内からシミュレーションによってプロセスを組む「感覚」を学ぶことで、企業に入社した際に即戦力として活躍することができると思っています。また、面接を受ける際に「大学時代（学業）で頑張ったこと」を聞かれますので、話のネタにもなります。



20代女性

インターンシップのグループワークでプロセス最適化の課題がありましたが、プロセスシミュレータに触れていたおかげで、臆することなく講義で学んだ内容を応用することができました！

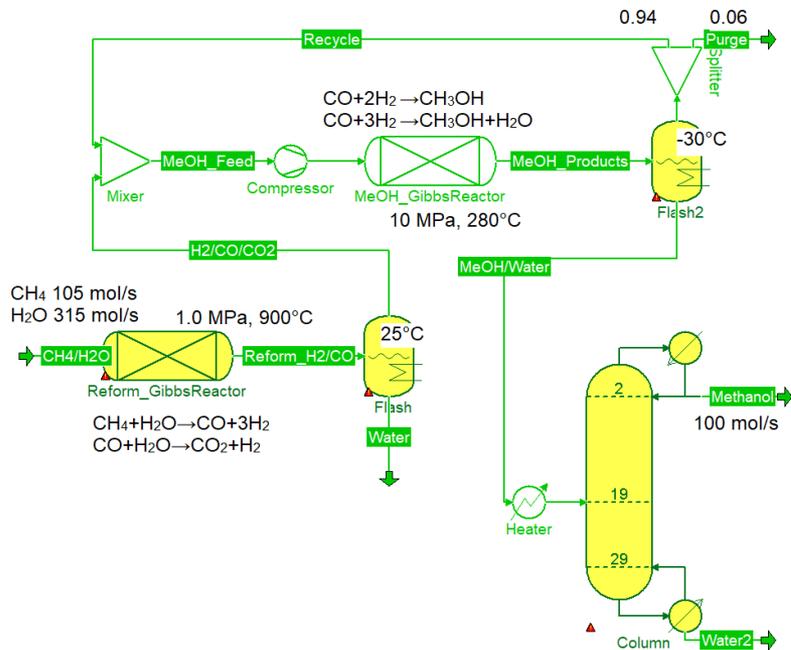
化学プロセスシミュレータの世界へようこそ

学部科目・・・様々な量論計算（物質収支・熱収支）や単位操作（反応・蒸留・ガス吸収・熱交換など）の基礎を習得



化学工学および関連分野の知識を総合的に活用し、
化学プロセス全体を俯瞰した講義は皆無！

化学工学特論 I・・・化学プロセスシミュレータを用いて、
単位操作を組み合わせることでプロセスの設計を体感！



Stream	CH4/H2O	Reform_H2/CO	MeOH_Feed	MeOH_Products
Pressure / [MPa]	1	1	0.1	10
Temperature / [°C]	800	900	-18.8844	280
Flow rate / [mol / s]	420.261	625.158	2207.05	2006.29
Flow Methane / [mol / s]	105.065	2.61625	43.5928	43.5928
Flow Water / [mol / s]	315.196	182.277	1.51611	31.0039
Flow Hydrogen / [mol / s]	0	337.817	2023.05	1792.8
Flow Carbon monoxide / [mol / s]	0	71.9785	89.0061	18.1143
Flow Carbon dioxide / [mol / s]	0	30.4703	45.499	16.0111
Flow Methanol / [mol / s]	0	0	4.38719	104.767

メタン改質⇒メタノール合成⇒精製からなる
メタノール合成プロセス (COCO/ChemSep)

テキスト
伊東章 著
¥3,500 (+税)



化学プロセスシミュレータ

化学プロセスシミュレータの種類

- Aspen HYSYS
 - PRO/II
 - COCO/ChemSep
- ⇒ 有料でありプロセス設計の現場で扱われる
- ⇒ 無料であり、学生向けに使用される

各プロセス設計の基本的指針は各シミュレータによって違いはないと考えられるので、本講義では、無料のCOCO/ChemSepアプリを用いる！

化学プロセスシミュレータの長所

化学工学の基礎事項の多くが内部に組み込まれ、コンピュータ画面上でプロセスを構成するだけで、設計計算とプロセスのシミュレーションが可能！

化学プロセスシミュレータの問題点

内部計算のブラックボックス化により、化学工学の理論・原理を十分に理解しなくてもプロセスを構築できるため、化学工学的な専門知識が養われず、計算結果の妥当性の検証およびプロセスの最適化ができる専門家が減少する。

同一のプロセスに関して、化工計算（Excel・電卓による解法）も行うことで、内部でどのような計算処理がなされているかをしっかりと理解する。

まずはダウンロードしよう！

cape open to cape open simulation environment

← <https://www.cocosimulator.org> → <https://www.cocosimulator.org>

← コチラからダウンロード (自己責任)

What is COCO | Sample Flowsheets | Change Log | License | Compliancy testing | Help | Support | **Downloads**

What is COCO?

COCO (CAPE-OPEN to CAPE-OPEN) is a free-of-charge CAPE-OPEN compliant steady-state simulation environment consisting of the following components:

- COFE - the CAPE-OPEN Flowsheet Environment is an intuitive graphical user interface to chemical flowsheeting. COFE has sequential solution algorithm using automatic tear streams. COFE displays properties of streams, deals with unit-conversion and provides plotting facilities. COFE flowsheets can be used as CAPE-OPEN unit operations; so you can use COFE Flowsheets as unit operation inside COFE (flowsheets in flowsheets) or inside other simulators.
- TEA - COCO's Thermodynamics for Engineering Applications, is based on the code of the thermodynamic library of ChemSep and includes a data bank of over 430 commonly used chemicals. The package exhibits more than 100 property calculation methods with their analytical or numerical derivatives.
- COUSCOUS - the CAPE-OPEN Unit-operations Simple package is shipped with COCO. It contains a splitter, a mixer, heat exchangers, pumps and reactors amongst other unit operations. ChemSep-LITE, a limited version of ChemSep with a maximum of 40 compounds and 300 stages, can serve as an equilibrium distillation unit operation in COCO. A full version of the equilibrium and non-equilibrium column simulator can be obtained at <http://www.chemsep.com/>. ChemSep-LITE is included in the COCO installation.
- CORN - the CAPE-OPEN Reaction Numerics package that comes with COCO facilitates specifying any kind of kinetic or equilibrium reaction. Simple reactor units, like conversion reactors, CSTRs and plug flow reactors that can use the CORN package come with the COUSCOUS package.

自宅学習

※左下の三つのアプリをダウンロードしておけばOK!

COCO Setup

Choose Components
Choose which features of COCO you want to install.

Check the components you want to install and uncheck the components you don't want to install. Click Next to continue.

Select components to install:

- COCO
- ChemSep LITE
- OATS & COULIS Loggers
- EPA WAR and .NET Libs
- Excel Unit Operation

Description
Position your mouse over a component to see its description.

Space required: 110.1 MB

COCO Simulator 3.5

< Back Next > Cancel



デフォルト設定では、『COFE』アプリを開くたびに、Updateを要求するウィンドウが出てくる。

煩わしいので、アプリ上部の「Edit」⇒「Preferences」を選択し、

「Automatically check for updates」のチェックを外そう。

COCO Update:

Proxy server requires credentials:
(leave blank for NTLM scheme using current user's credentials)

Proxy user name:

Password:

OK Cancel

COFE - [Flowsheet1]

File Edit Insert Flowsheet Plot View

Delete Delete

Select All Ctrl+A

Invert selection

Copy Ctrl+C

Paste Ctrl+V

Paste special

Find Stream...

Find Unit Operation...

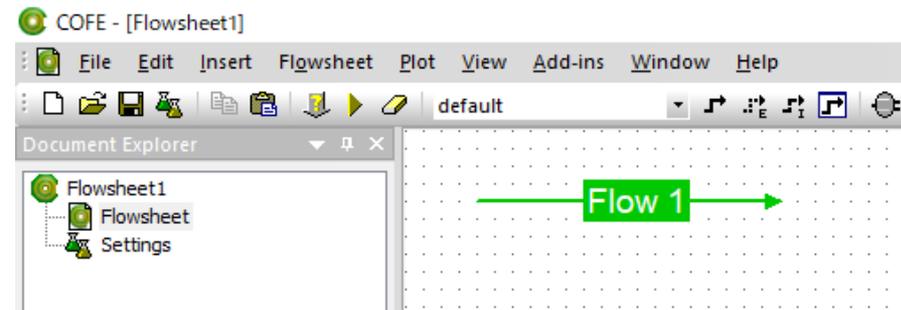
Links...

Preferences... F2

流体中の二成分気液平衡

低沸点成分A（沸点 T_A ）と高沸点成分B（沸点 T_B ）の2成分系において、 $T_A \leq T \leq T_B$ において気相・液相が共存する場合がある。

※二相系になるか否かは組成比による。

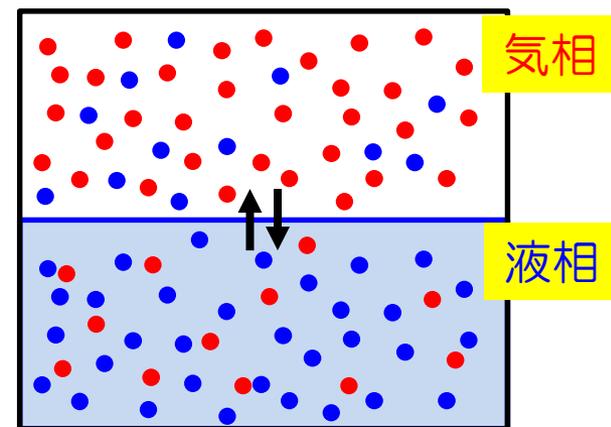


化学工学シミュレータでは、フロー（流れ）と単位操作を結ぶことで、プロセスを設計する。

ある流体中の二成分の気液二相平衡（気液平衡：低沸点成分A, 高沸点成分B）の自由度を考える。この系の独立な変数は、

- 全圧 P
- 温度 T
- 総モル流量 F
- 総モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 x_{Af}
- 液相モル流量 W
- 液相モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 x_A
- 気相モル流量 D
- 気相モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 y_A

※下の6変数は各成分のモル流量あるいは質量流量 $F_A, F_B, D_A, D_B, W_A, W_B$ などで置き換えが可能である。これらの8変数の自由度を考えてみよう。



● A成分 ● B成分

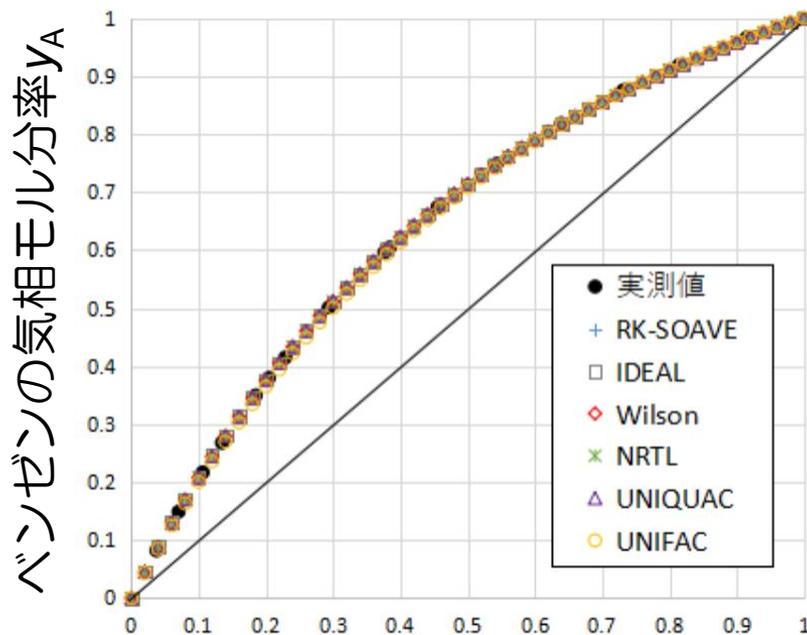
二相二成分系

気液平衡線図 (xy線図)

気液平衡関係

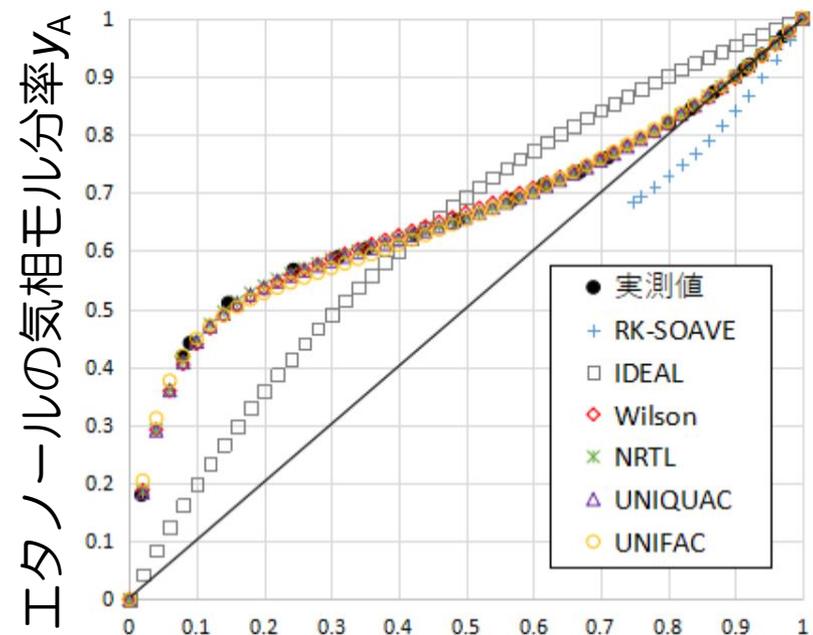
- 全圧 P , 温度 T , および各相の低沸点成分Aのモル分率 x_A, y_A の4変数のうち2変数を指定すれば、残りの2変数が決まる (自由度は2つ)

⇒例: P 一定で温度 T を変化させれば、xy線図が描ける (x_A, y_A は P, T の関数で表される)。



ベンゼンの液相モル分率 x_A

ベンゼン-トルエン二成分系の気液平衡線図



エタノールの液相モル分率 x_A

エタノール-水二成分系の気液平衡線図

(※ P 一定 (例えば常圧) で温度を変化させてxy線図を作成)

出典: <https://chemical-engineering-review.com/low-pressure-vapor-liquid-equilibrium/>

系によって、実測値に合う適切な推算式 $x_A = f(P, T), y_A = g(P, T)$ を選定することが重要!

COCO/ChemSepに収録されている推算法の例

理想溶液モデル

- Ideal solution ラウールの法則に基づくが実測値に合わないことが多い

活量係数モデル（系ごとのパラメータが必要・・・内蔵データベースを確認）

- Wilson 均相系（液液相分離しない系）に限定／多成分系
- NRTL 二相系に適用可
- Van Laar van der Waals式の拡張

その他のモデル（系ごとのパラメータが不要）

- UNIQUAC 分子の大きさ/形と、分子間相互作用の効果をそれぞれ表現
- UNIFAC 分子を構成する原子団にUNIQUACを応用（原子団寄与法）
- その他、ASOG, Modified UNIFACなど

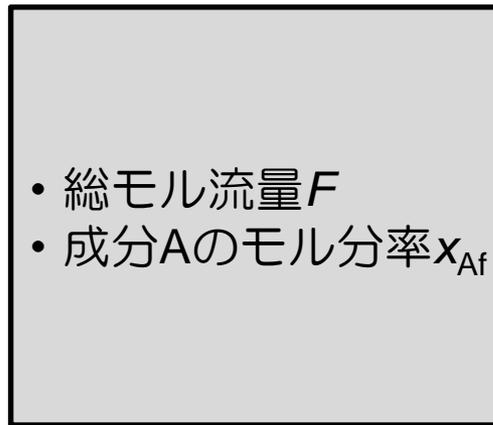
状態方程式（EOS）モデル

- SRK, Peng-Robinsonなど 高圧下の蒸留計算で使用

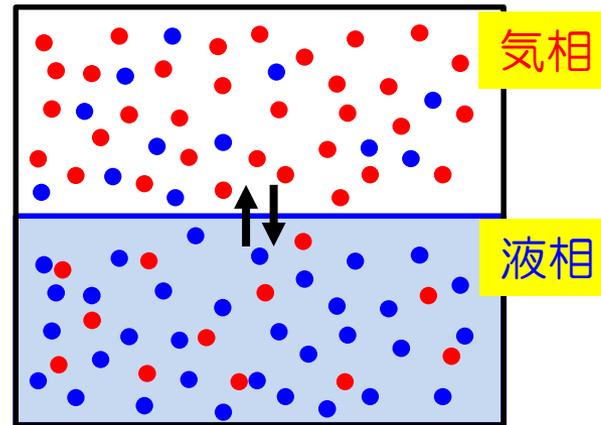
系によって、実測値に合う適切な推算モデルを選定することが重要！

二成分二相系の物質収支

物質収支



二成分系



二相二成分系

- 気相モル流量 D
- 気相モル分率 y_A
- 液相モル流量 W
- 液相モル分率 x_A

全量の物質収支

$$F = D + W$$

成分 A の物質収支

$$x_{Af} F = y_A D + x_A W$$

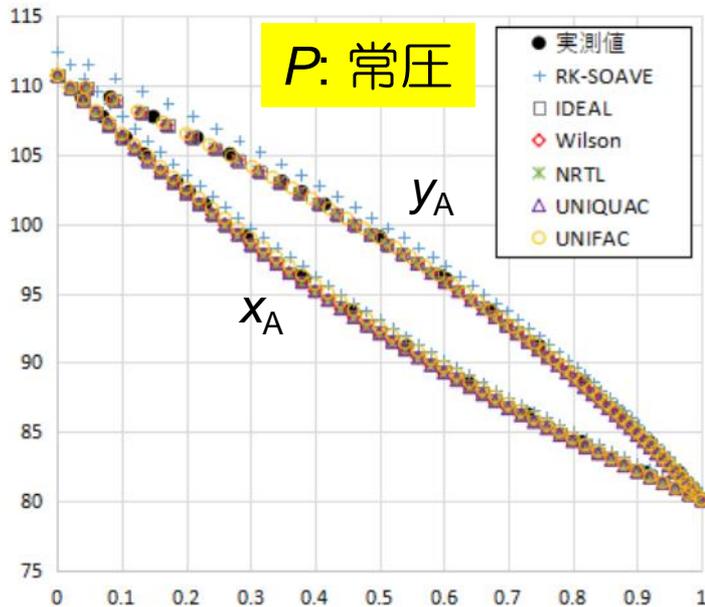
物質収支 \Rightarrow 独立な式が 2 個

流体中の二成分気液平衡の自由度

- 全圧 P
- 温度 T
- 液相モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 x_A
- 気相モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 y_A
- 総モル流量のうちの低沸点成分のモル分率 x_{Af}
- 総モル流量 F
- 液相モル流量 W
- 気相モル流量 D

これらのうち2個まで選べる

これらのうち2個まで選べる



ベンゼンの液相・気相モル分率 x_A, y_A

上の条件を満たしたうえで、
全部で4個選べる

プロセス内の流れでは、
全圧、温度、総モル流量、モル分率が、
指定されていることが多く、
気液平衡関係および物質収支式から、
その他の変数も決定される。

演習1.1 気液平衡

ベンゼン(A)-トルエン(B)二成分系のFlow 1 ($F = 2.0 \text{ mol/s}$, $x_{Af} = 40.0 \text{ mol\%}$)がある。
 $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ において、 W , x_A , D , y_A を求めよ。ただし、気液平衡モデルとして、Wilson (蒸気圧計算はAntoine式)モデルを用いよ。

(化学工学的解法)

右の Txy 線図において、 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ のときの、 x_A , y_A を読み取ると、

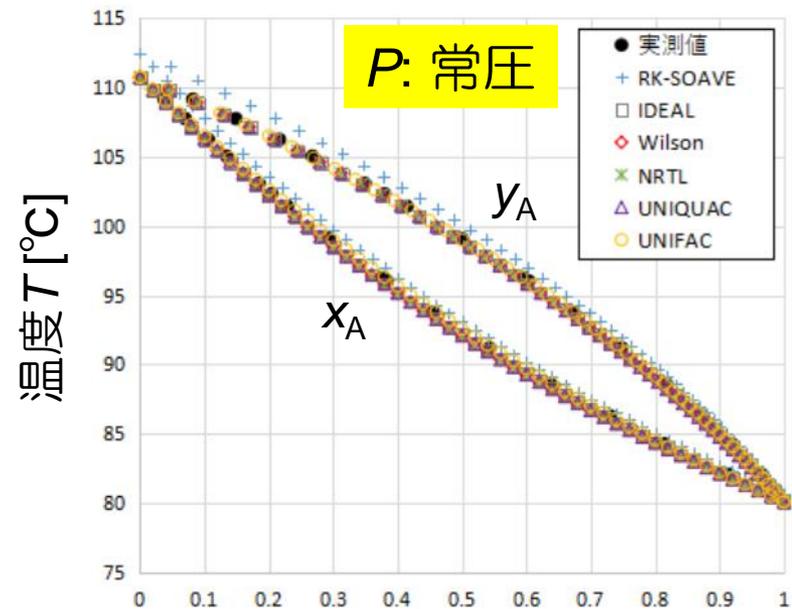
$$x_A = \boxed{\quad}, y_A = \boxed{\quad}$$

物質収支式に代入して、

解いて、

$$D = \boxed{\quad}$$

$$W = \boxed{\quad}$$



ベンゼンの液相・気相モル分率 x_A , y_A

演習1.1 気液平衡

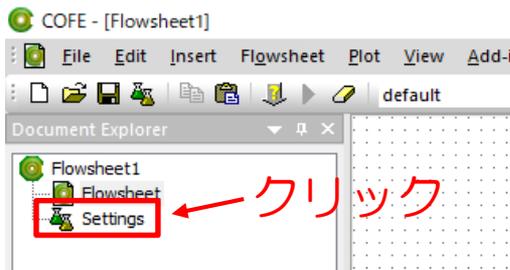
ベンゼン(A)-トルエン(B)二成分系のFlow 1 ($F = 2.0 \text{ mol/s}$, $x_{Af} = 40.0 \text{ mol\%}$)がある。
 $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ において、 W , x_{Af} , D , y_A を求めよ。ただし、気液平衡モデルとして、Wilson (蒸気圧計算はAntoine式)モデルを用い、(1) 化学工学的解法および(2) COCO/ChemSepを用いたシミュレーションによる解法の結果を比較せよ。

(シミュレーションによる解法)



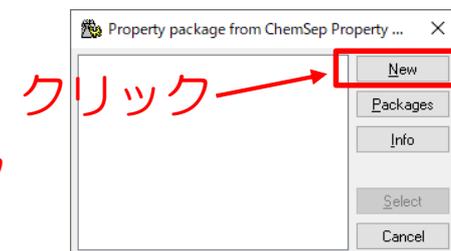
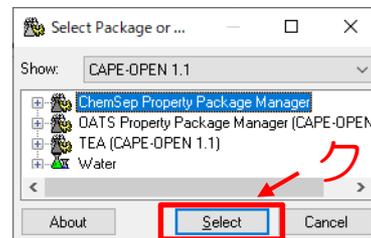
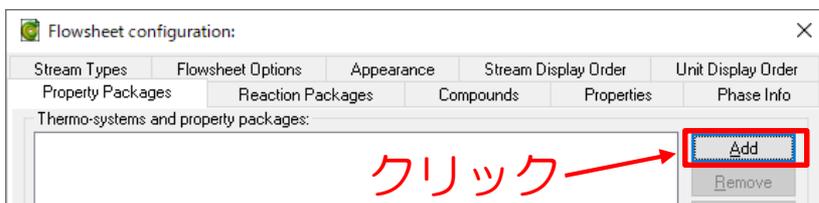
『COCO/ChemSep』アプリ (『COFE』 or 『COFE (x86)』) を開く

COFE (x86)
アプリ

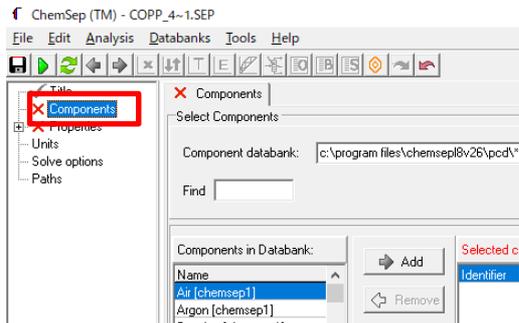


1. 必要な成分情報および気液平衡の物性を入力するために、ChemSepアプリ (分離プロセスに特化したアプリ) を立ち上げる

- ① 『Document Explorer』 ウィンドウの「Settings」を選ぶ
- ② 『Flowsheet configuration』 ウィンドウが開くので、「Property Packages」タブ中で「Add」をクリック
- ③ 「ChemSep Property Package Manager」を選択 ⇒ 「New」を選択

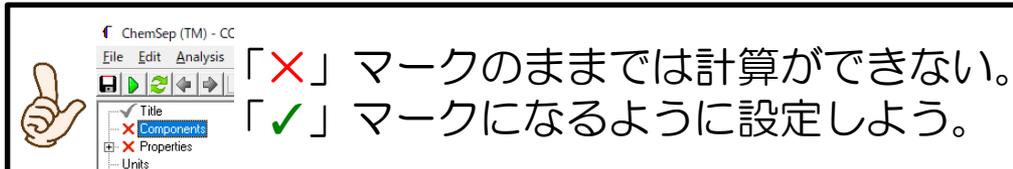
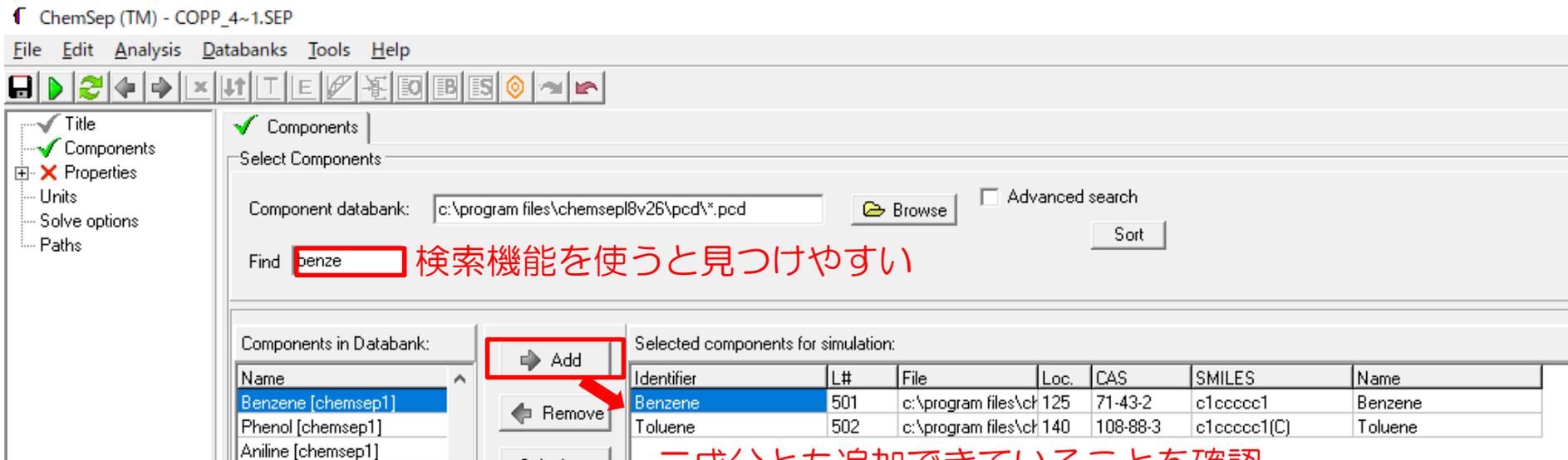


2. シミュレーションを行う成分を選択する



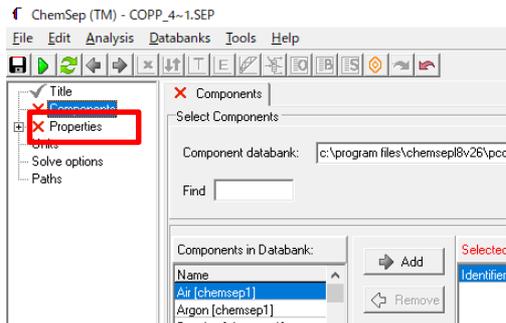
① 『ChemSep』 アプリの「Components」を選ぶ

② 「Components in Databank」から「Benzene」「Toluene」を検索して追加「Add」する。

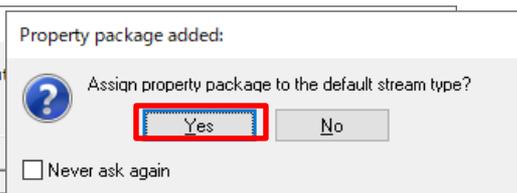
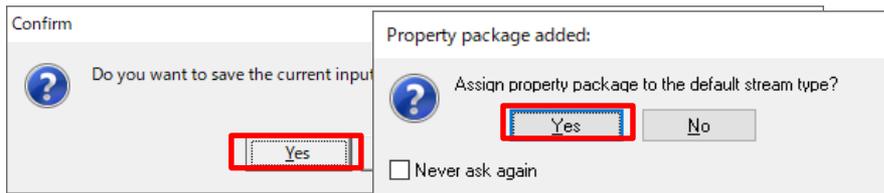
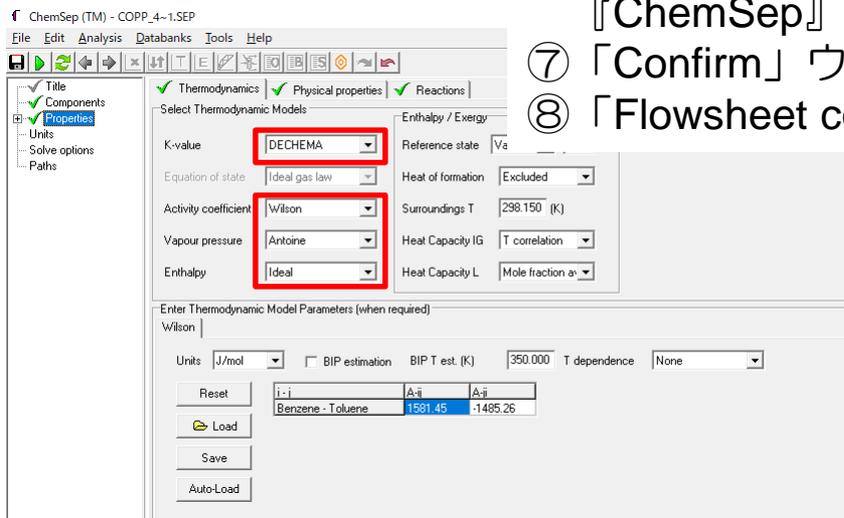


演習1.1 気液平衡

3. 成分の物性値（推算式・パラメータ）を選定する



- ① 『ChemSep』 アプリの「Properties」を選ぶ
- ② 「K-value」（気液平衡）にて、今回は「DECHEMA」を選択
- ③ 「Activity Coefficient」（活量係数）にて、「Wilson」を選択
- ④ 「Vapour Pressure」（蒸気圧）にて、「Antoine」を選択
- ⑤ 「Enthalpy」にて、「Ideal」を選択
- ⑥ 「Components」「Properties」に✓マークが付いているのを確認して『ChemSep』アプリを閉じる
- ⑦ 「Confirm」ウィンドウが二回出てくるので「Yes」を選択
- ⑧ 「Flowsheet configuration」ウィンドウを閉じ『COFE』アプリに戻る

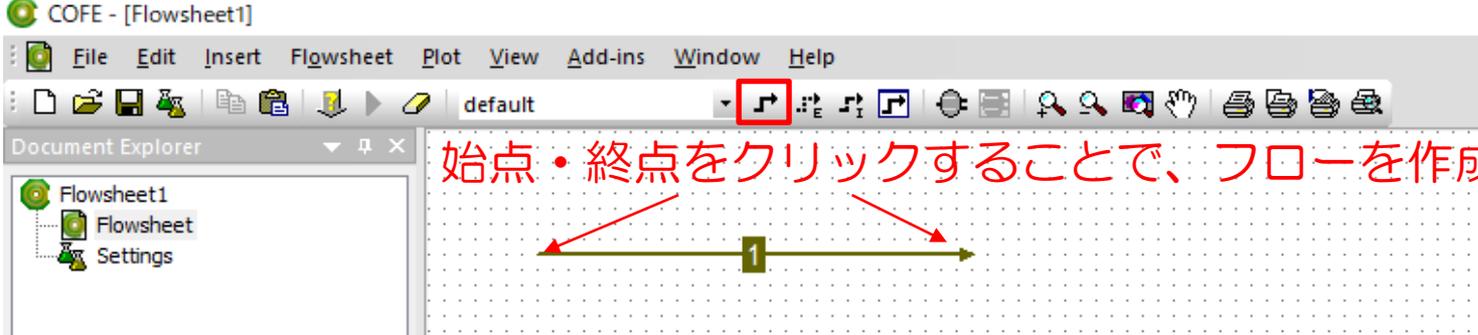


「DECHEMA」はドイツの化学工学系団体。各活量係数式に使われる2成分系のデータセットをデータ集としてまとめあげ、合計13冊を発行しているよ。これらの膨大な数値データがアプリ内に収録されているよ。

演習1.1 気液平衡

4. 『COFE』アプリのFlowsheet上にフローを作成する

① 「Tool Bar」の「Insert Stream」アイコン  を選択して、「Flowsheet」上にフローを作成する



COFE - [Flowsheet1]

Document Explorer

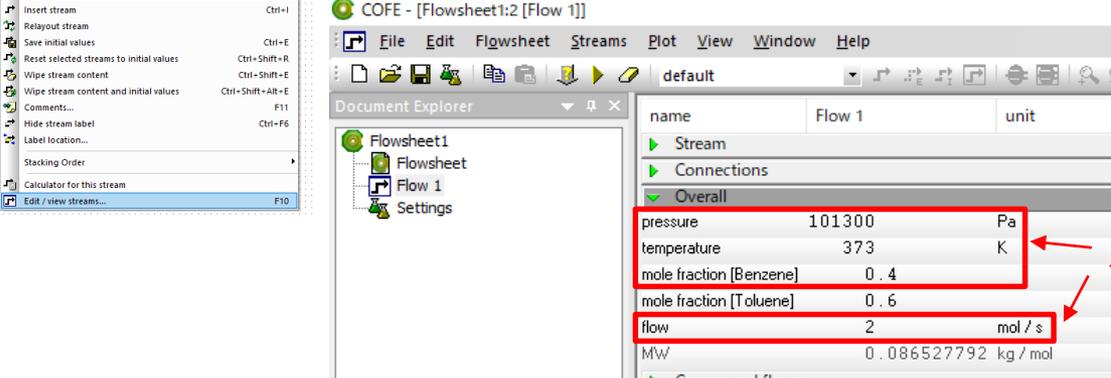
Flowsheet1
Flowsheet
Settings

File Edit Insert Flowsheet Plot View Add-ins Window Help

default

始点・終点をクリックすることで、フローを作成

② フロー上でダブルクリックあるいは右クリック⇒「Edit/view streams」を選択し、フローの基本情報を入力する



COFE - [Flowsheet1:2 [Flow 1]]

File Edit Flowsheet Streams Plot View Window Help

Document Explorer

Flowsheet1
Flowsheet
Flow 1
Settings

name	Flow 1	unit
Stream		
Connections		
Overall		
pressure	101300	Pa
temperature	373	K
mole fraction [Benzene]	0.4	
mole fraction [Toluene]	0.6	
flow	2	mol / s
MW	0.086527792	kg / mol
Compound flows		

単位をクリックすれば単位変更も可能



本アプリ内ではPCの基本操作が割と使える。フロー・単位操作の名前も変更することができるが、日本語にするといつの間にか文字化けしたりするので英語表記を推奨。

Flow 1

演習1.1 気液平衡

5. 計算結果の確認および表の作成

- ① 「Phase Fractions」「Vapor composition」「Liquid composition」タグをクリックすればフローの気液情報を確認

シミュレーションによる計算

$$x_A = 0.26488$$

$$y_A = 0.46256$$

$$D = 2 \times 0.68354 = 1.3671 \text{ mol/s}$$

$$W = 2 - D = 0.63292 \text{ mol/s}$$

良好に一致

化学工学的計算

$$x_A = 0.26$$

$$y_A = 0.46$$

$$D = 1.4 \text{ mol/s}$$

$$W = 0.6 \text{ mol/s}$$

- ② 「Document Explorer」ウィンドウの「FlowSheet」を選択して、フローシートに戻る。

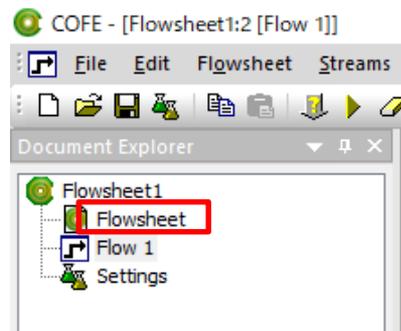
- ③ 「Insert」タブから「Stream Report」を選択

- ④ フローシート上の任意の場所でクリックして表を作成

- ⑤ 「Streams」タブから表示したいフローを選択

- ⑥ 「Overall props」「Phase props」から表示したい変数を選択

name	Flow 1	unit
Stream		
Connections		
Overall		
pressure	101300	Pa
temperature	373	K
mole fraction [Benzene]	0.4	
mole fraction [Toluene]	0.6	
flow	2	mol / s
MW	0.086527792	kg / mol
Compound flows		
Benzene	0.8	mol / s
Toluene	1.2	mol / s
Phase Fractions		
molar phaseFraction [Vapor]	0.68353833	
molar phaseFraction [Liquid]	0.31646167	
Vapor composition		
mole fraction [Benzene]	0.46255865	
mole fraction [Toluene]	0.53744135	
Liquid composition		
mole fraction [Benzene]	0.26487704	
mole fraction [Toluene]	0.73512296	
Overall properties		
Vapor properties		
Liquid properties		



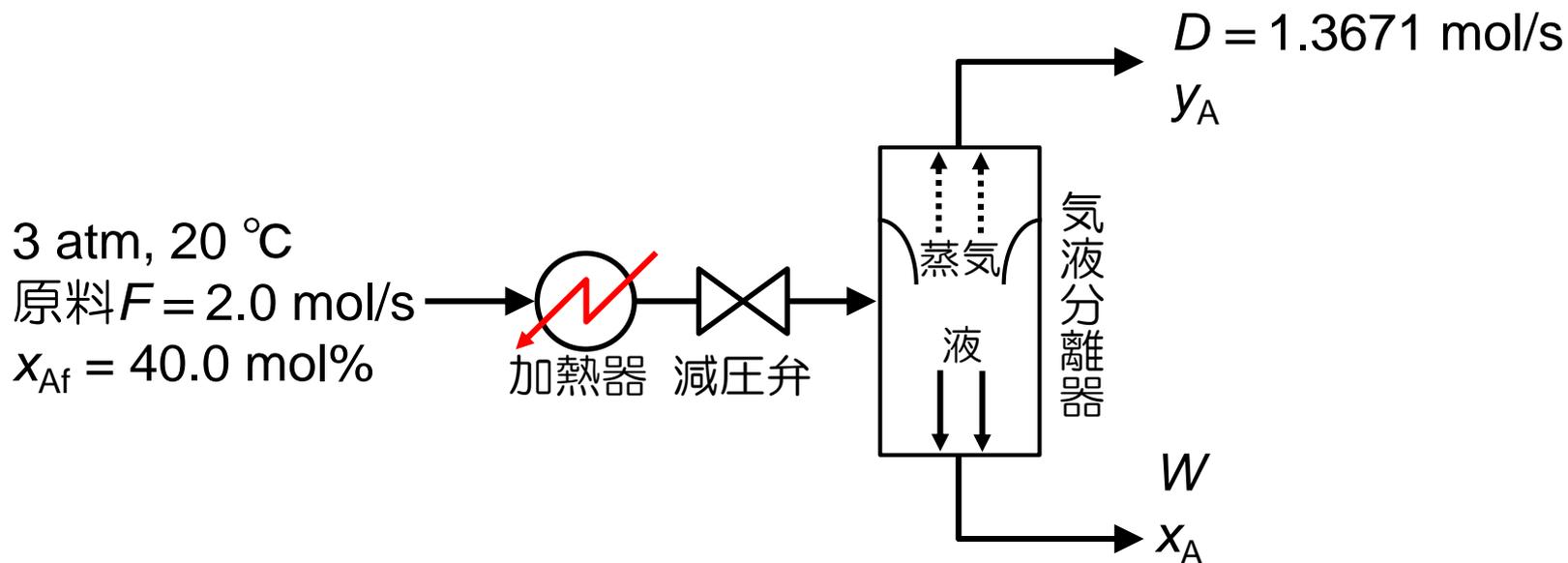
プロセスができれば、実行ボタン を押して、プロセスが正常かどうか確認しよう。問題なければ、フローが緑色になる（右図）。



Stream	Flow 1	Unit
Pressure	101300	Pa
Temperature	373	K
Flow rate	2	mol / s
Mole frac Benzene	0.4	
Mole frac Toluene	0.6	
Vapor phase		
Mole phase fraction	0.683538	
Liquid phase		
Mole phase fraction	0.316462	

演習1.2 フラッシュ蒸留

フラッシュ蒸留は、原料を連続的に供給し、加熱した後減圧することで低沸点成分を蒸発させ、液と蒸気に分離する操作である。 $P = 3 \text{ atm}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ において、ベンゼン(A)-トルエン(B)二成分系のFlow 1 ($F = 2.0 \text{ mol/s}$, $x_{Af} = 40.0 \text{ mol\%}$)の液体流体があるとき、フラッシュ蒸留により、留出蒸気 D が 1.3671 mol/s になるよう、加熱器および減圧弁を制御する。フラッシュ蒸留塔に流入する際の圧力を 1 atm としたとき、分離器出口の温度 T および x_A , y_A を求めよ。さらに、加熱器にて流体を加熱するのに必要な熱量はいくらになるかシミュレーションによって求めよ。



本問題は演習1.1の逆算をフラッシュ蒸留塔を用いて行う。

演習1では、 $T = 100^\circ\text{C}$ のときに、 $D = 1.3671 \text{ mol/s}$ となったが、本演習では $D = 1.3671 \text{ mol/s}$ が与えられているため、 $T = 100^\circ\text{C}$ が計算結果として返ってくるはずである。



演習1.2 フラッシュ蒸留

1. Flow 1の情報を書き換える

- ① フロー上でダブルクリックあるいは右クリック
⇒ 「Edit/view streams」 を選択して、フローの基本情報を更新する

Flow 1

Stream	Flow 1	Unit
Pressure	3	atm
Temperature	293	K
Flow rate	2	mol / s
Mole frac Benzene	0.4	
Mole frac Toluene	0.6	
Liquid phase		
Mole phase fraction	1	

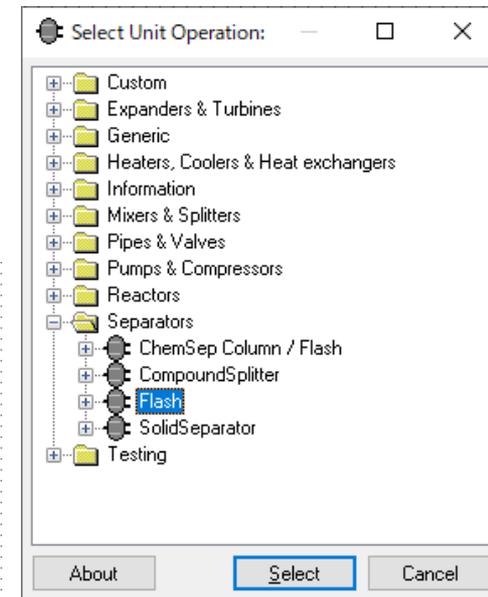
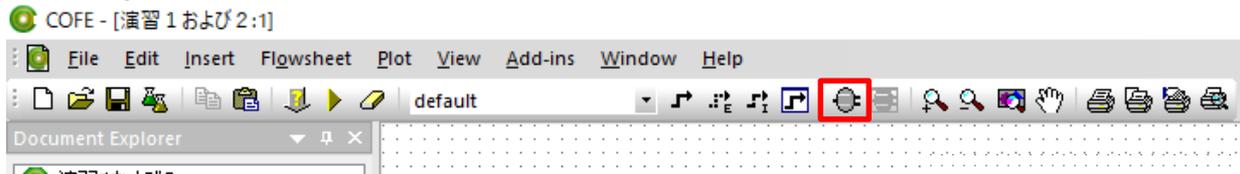
COFE - [Flowsheet1:2 [Flow 1]]

name	Flow 1	unit
Stream		
Connections		
Overall		
pressure	101300	Pa
temperature	373	K
mole fraction [Benzene]	0.4	
mole fraction [Toluene]	0.6	
flow	2	mol / s
MW	0.086527792	kg / mol
Compound flows		

単位をクリックすれば単位変更も可能

2. フラッシュ蒸留塔を配置する

- ① 「Tool Bar」の「Insert unit operation」アイコン  から、「Separators」⇒「Flash」を選択し、Flowsheet上に配置する



Flow 1

Stream	Flow 1	Unit
Pressure	3	atm
Temperature	293	K
Flow rate	2	mol / s
Mole frac Benzene	0.4	
Mole frac Toluene	0.6	
Liquid phase		
Mole phase fraction	1	

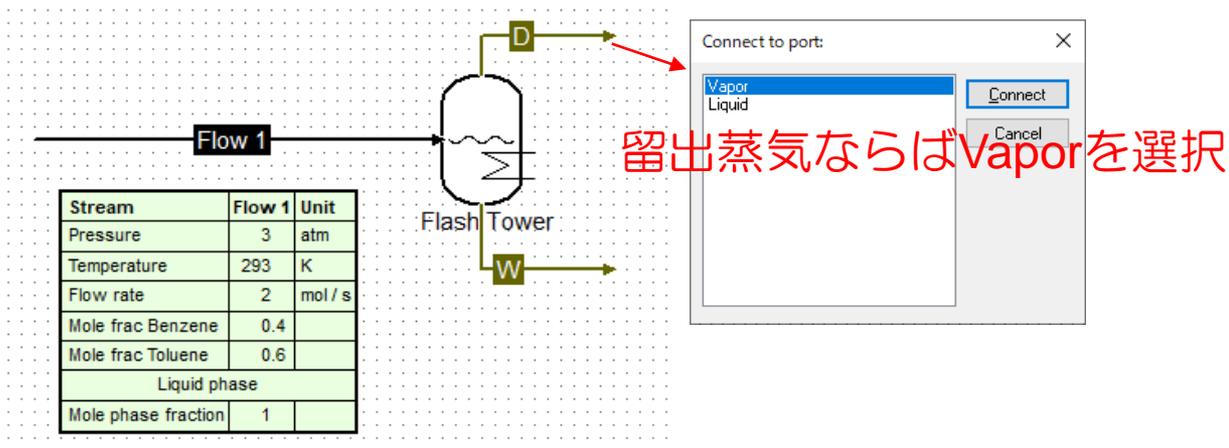
Flash_1

『COCO/ChemSep』アプリでは、フラッシュ蒸留塔を設置するだけで、加熱器・減圧弁の役割を担ってくれるため、Flowsheet上に、それらの設置は不要。

演習1.2 フラッシュ蒸留

3. フローとフラッシュ蒸留塔をつなげる

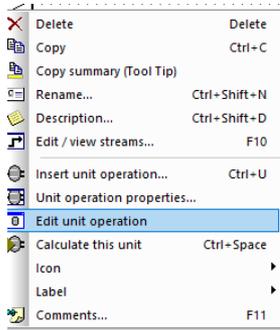
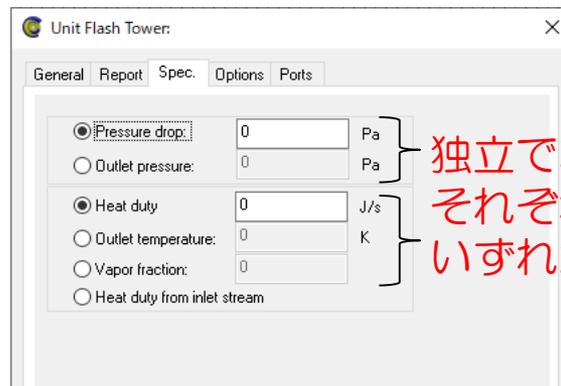
- ① Flow 1の矢印を伸ばし、フラッシュ蒸留塔につなげる
- ② 「Tool Bar」の「Insert stream」アイコン  から留出蒸気および缶出液流れをさらに作る
(留出蒸気流れならばVapor, 缶出液流れならばLiquidを選択する)



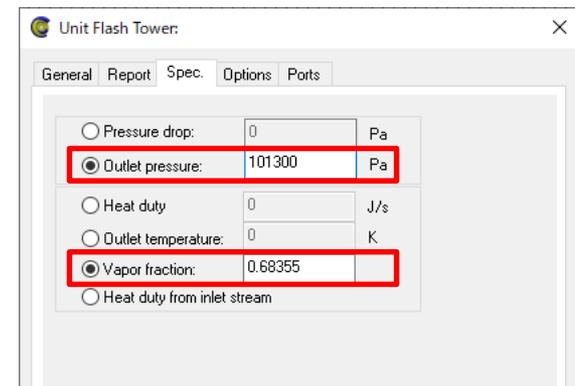
Stream	Flow 1	Unit
Pressure	3	atm
Temperature	293	K
Flow rate	2	mol / s
Mole frac Benzene	0.4	
Mole frac Toluene	0.6	
Liquid phase		
Mole phase fraction	1	

4. 操作条件・制御変数を入力

- ① Flowsheet上のフラッシュ蒸留塔を選択して右クリック⇒「Edit unit operation」を選択し、題意より適切な操作条件および制御変数を選択して、入力する

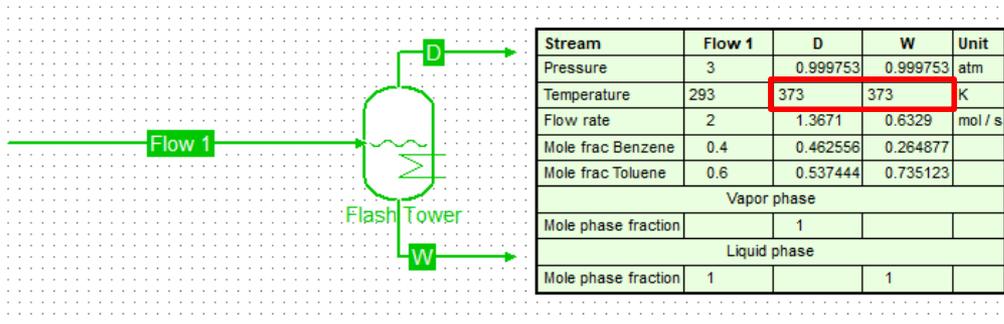
独立でないため、
それぞれ
いずれか1つを選択



演習1.2 フラッシュ蒸留

3. シミュレーションの実行および結果の出力

- ① 「Tool Bar」の実行ボタン▶からシミュレーションを実行
- ② 表を右クリックして「Edit」から留出蒸気および缶出液の情報を追加



フラッシュ蒸留塔出口流れの温度が
100°Cになったことを確認！

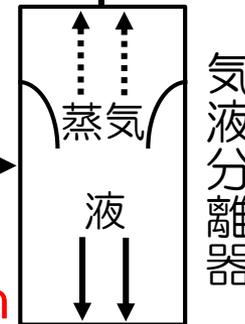
- ③ 「Insert」タグの「Unit parameter report」から、Heat duty（必要な熱量）などを表にて表示

Flash Tower		
Parameter	Value	Unit
Heat duty	69815.6	W
Pressure drop	202675	Pa

原料 $F = 2.0 \text{ mol/s}$
 $x_{Af} = 40.0 \text{ mol\%}$
 $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

69816 W
 加熱器 減圧弁
 2 atm Down

100 °C



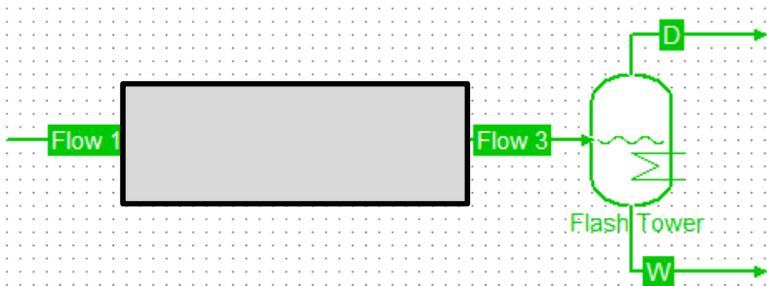
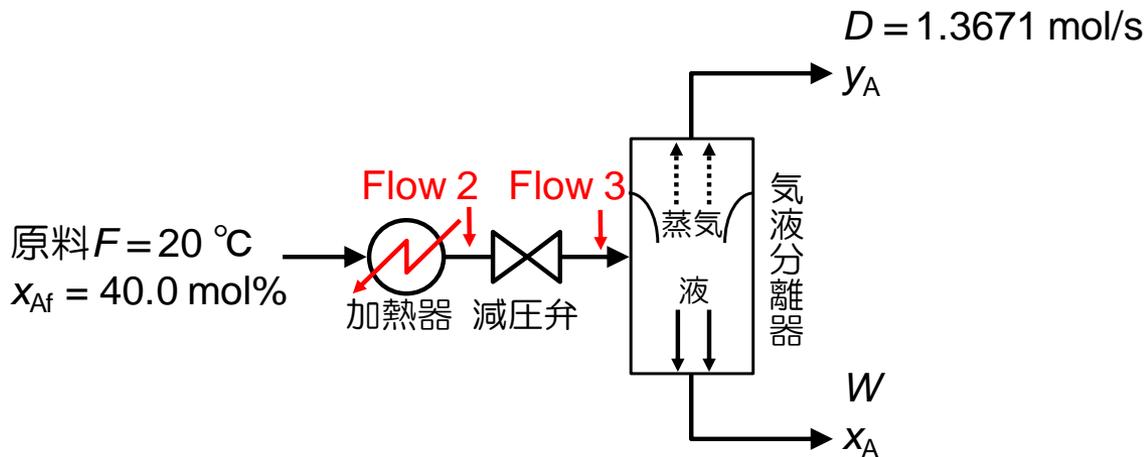
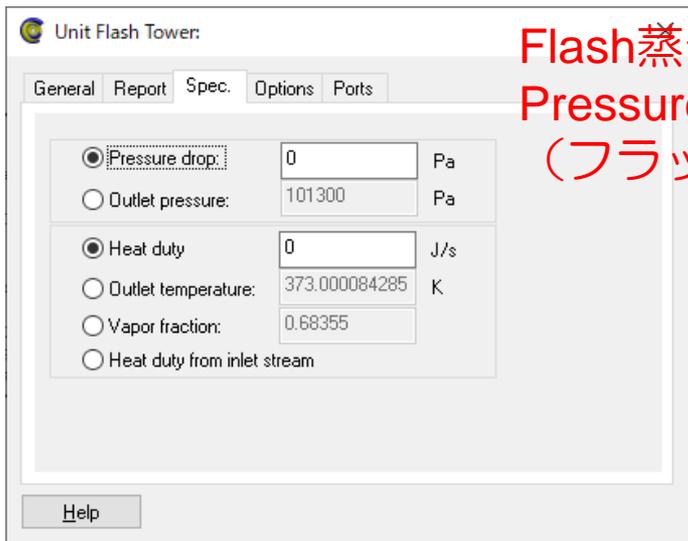
$D = 1.3671 \text{ mol/s}$
 $y_A = 0.46256$

W
 $x_A = 0.26488$

小テスト1 フラッシュ蒸留

より現実系に近いプロセスフロー図を描きたい。すなわち、フラッシュ蒸留のアイコンでは加熱・減圧は行わず、流入前に、加熱器および減圧弁を用いたフロー図を作成し、Flow 2, Flow 3の基本情報をFlow 1, D , W と合わせて表にまとめよ。ただし、演習1.2の結果を用いて、加熱器および減圧弁の操作変数を設定してよい。

Flash蒸留塔を右クリックして、「Edit unit operation」から、Pressure drop: 0 Pa, Heat duty: 0 J/sを選択
(フラッシュ蒸留塔では加熱・減圧を行わない設定)



Stream	Flow 1	Flow 2	Flow 3	D	W	Unit
Pressure	3	3	0.999753	0.999753	0.999753	atm
Temperature	293	413.724	373	373	373	K
Flow rate	2	2	2	1.3671	0.632901	mol / s
Mole frac Benzene	0.4	0.4	0.4	0.462556	0.264875	
Mole frac Toluene	0.6	0.6	0.6	0.537444	0.735125	
Vapor phase						
Mole phase fraction		0.48116	0.68355	1		
Liquid phase						
Mole phase fraction	1	0.51884	0.31645		1	

Flash Tower		
Parameter	Value	Unit
Heat duty	0	W
Pressure drop	0	Pa