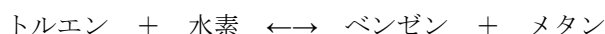


## 第6回ソフトウェア・ツール学生コンテスト設計課題

コンテストテーマ：トルエンの脱アルキル化プロセス

### 1. プロセスの概要

トルエンの脱アルキル化プロセスは、トルエンを水素存在下で熱的に脱アルキル化しベンゼンを製造するプロセスである。トルエンの脱アルキル化反応は次式で表される。



上記の反応は可逆反応であり、正反応および逆反応の反応速度式は次式で与えられる。反応圧力は 20 気圧で、触媒劣化を防ぐために反応器内温度は 750°C 以下でなければならない。

$$\text{正反応: } -r_T = k_1 C_T C_H^{0.5} \text{ [kmol/(m}^3\text{s)]}, \quad k_1 = 4.48 * 10^{10} \exp(-27400/T)$$

$$\text{逆反応: } -r_B = k_2 C_B C_M^{0.5} \text{ [kmol/(m}^3\text{s)]}, \quad k_2 = k_1 / 20$$

ここで、 $C_T$ 、 $C_H$ 、 $C_B$ 、 $C_M$  は、それぞれトルエン、水素、ベンゼン、メタンの濃度 [kmol/m<sup>3</sup>] であり、 $T$  は温度[K]である。

### 2. 設計課題

ベンゼン年間生産量 10 万トン（年間プラント稼働時間 330 日）、ベンゼンの総括収率 95% 以上を達成するトルエンの脱アルキル化プロセスを設計せよ。設計においては、リーズナブルであると考えられる機器サイズにおいて、運転コストを最小化せよ。また、設計時に機器サイズをどのように決定したのか説明せよ。原料、製品仕様、価格は以下の値を用いよ。副生成物であるメタンの誘導品製造プロセスを設計した場合、誘導品の販売利益をプラント全体の利益に合算してもよい。ただし、誘導品の実勢価格は各自を調査し、妥当な数値を用いること。

原料トルエン：圧力 1 atm、温度 30°C、組成 トルエン 100 wt%

原料水素：圧力 20 atm、温度 30°C、組成 水素 90wt%、メタン 10 wt%

製品ベンゼン：圧力 1 atm、温度 30°C、組成 高沸不純物 0.01 wt% 以下、低沸不純物 0.01 wt% 以下

原料トルエン : ¥ 40/kg

原料水素 : ¥ 200/kg、

製品ベンゼン : ¥ 60/kg

### 3. ユーティリティコスト

必要であれば、以下のユーティリティコストを用いてもよい。ユーティリティをプラント内で製造し、プラント外へエクスポートしたときのユーティリティ価格も同一であるとする。

・加熱用飽和中圧スチーム (250℃)	: ¥ 3.0/MJ
・加熱用飽和低压スチーム (130℃)	: ¥ 1.5/MJ
・燃料油 (ヘキサンと仮定し、燃焼により 900℃のガスとなる)	: ¥ 20/kg
・冷却水 (30℃ supply、40℃ return)	: ¥ 10/ton
・プロピレン冷媒 (15℃)	: ¥ 0.5/MJ
・プロピレン冷媒 (0℃)	: ¥ 0.8/MJ
・プロピレン冷媒 (-25℃)	: ¥ 1.0/MJ
・プロピレン冷媒 (-40℃)	: ¥ 1.5/MJ
・エチレン冷媒 (-50℃)	: ¥ 2.5/MJ
・エチレン冷媒 (-75℃)	: ¥ 3.0/MJ
・エチレン冷媒 (-100℃)	: ¥ 4.5/MJ
・メタン冷媒 (-140℃)	: ¥ 7.0/MJ
・コンプレッサー動力	: ¥ 15.0/kWh
・ポンプ動力	: ¥ 0/kWh

注意:プロピレン冷媒、エチレン冷媒、メタン冷媒は、潜熱のみを利用する。上記以外のユーティリティを用いてもよいが、そのユーティリティコストについては各自調査し、適切な値を用いること。