

チェンジトレイでバランス制御する高純度精製、省エネ蒸留塔 「Balance Column バランスカラム」

1. 概要

3成分系の蒸留プロセスには通常2塔の蒸留塔が必要で、2基のリボイラの熱負荷が必要ですが、Petlyuk が考案した図1のような塔にすれば、1基のリボイラで済み、省エネルギーが図れます。この Petlyuk 塔を1塔に結合させて内部に垂直分割壁を有する垂直分割壁型蒸留塔 (Dividing-wall Column 略して DWC) が Kaibel らによって発明されて20年あまり経ちますが、規則充填物によるもののみが実用化されている状態です。充填層型 DWC は適用できる蒸留プロセスがクリーンサービスに限られる上、分割された2流路の液量の分配はできていますが、蒸気流量の自由な分配制御が困難でありました。そこで液だけでなく蒸気流量も分配制御できる棚段式垂直分割壁型蒸留塔 (Balance Column バランスカラムと命名) を開発しました。当社のオリジナルトレイのチェンジトレイを用いれば塔外からトレイの圧損制御したがつて蒸気流の分配・制御ができるので、中間成分の高純度の精製を可能にする省エネ型蒸留の安定した操作ができるようになりました。

2. 構造

バランスカラムの基本構造は図2に示すように、1塔の中間部を分割するために原料供給側 (F側) と中間成分抜き出し側 (M側) とに垂直壁で仕切ったもので、M側かF側のどちらかにチェンジトレイを装備すれば、F側M側両流路の蒸気流量の分配制御ができます。他方の流路には充填物あるいは幅広い用途の当社のオリジナルトレイ“リフトトレイ”を入れることが可能です。蒸留プロセスには汚れ系が多く、その場合は汚れに強いリフトトレイとチェンジトレイの組み合わせが有利です。液の分配や抜き出しのためにはチムニーを設けて還流液を集めればよく、蒸気の分配制御にはチェンジトレイの開閉を調節すればよいので精度の高い精留が可能です。

3. バランスカラムの蒸気分配制御の重要性

ベンゼン・トルエン・パラキシレン3成分系 (以後、BTX と略す) 10 kmol/h (B: 2.5 mol%, T 95 mol%, X 2.5 mol%) の中間成分: トルエンを精製して高純度 (99.995 mol%) にする蒸留プロセスにバランスカラムを適用した場合についてシミュレーション結果を用いて説明します。

図1中にスペックと各塔の理想段段数、原料供給段、製品抜き出し段とともにシミュレーション結果の数値例を入れています。製品Tの回収率の設定次第で還流比も省エネ効果も変化します。本例では回収率 96.8% すなわち原料中の T: 9.5 kmol/h から 9.2 kmol/h のトルエンを回収することにします。この場合のフローを模式的に Petlyuk 型で表すと図2のようになります。製品を高純度で回収するためには、分割部 F 側の上端に高沸点成分 X が来ないこと、下端へ低沸点成分 B が来ないことがキーポイントであり、上端、下端それぞれの濃度条件を 10 ppm としました。この回収率 (96.8%) では下限還流比が $R/R = 60$ でしたので、省エネの観点から、この還流比一定の条件で計算しました。その結果、図3のように、分割部の上端2流路で分配して入れる還流液量

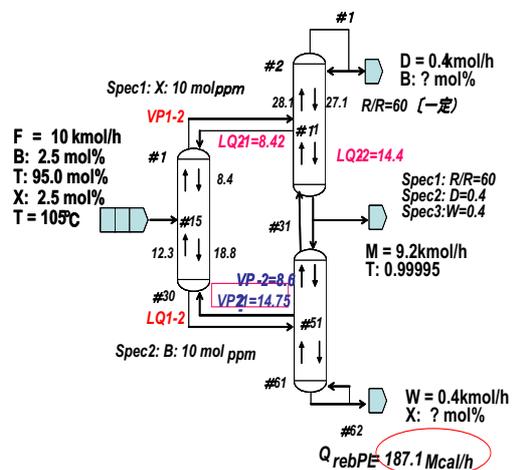


図1 DWCの模式的なフロー (Petlyuk塔形式で表現)

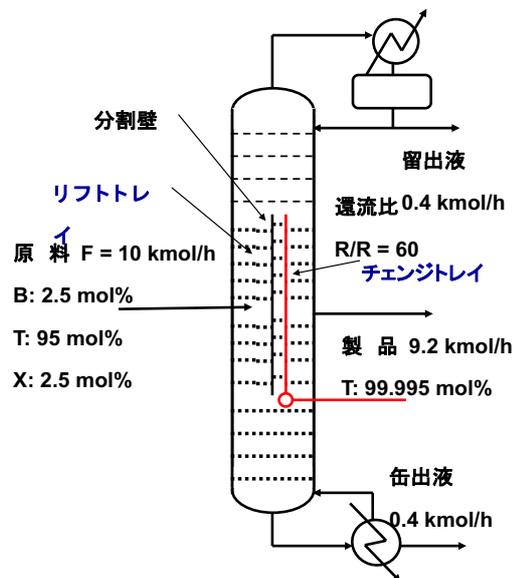


図2 バランスカラムの塔内構造

LP2-1, LP2-2 は変化せず、還流比一定ですからリボイラでの加熱負荷はほとんど変化しません。しかし分割部の下端2流路で分配して入れる蒸気流量 VP2-1, VP2-2 は大きく変化させる自由度があり、この VP2-1 の分配制御が製品純度および省エネ率に大きく影響することがわかっています。すなわちチェンジトレイで蒸気流量の分配制御が非常に重要であることを証左しています。

原料供給段がある F 側への蒸気分配量 VP2-1 をパラメータとして得られる製品純度を調べますと図4のように、VP2-1 = 14.75 kmol/h の時、最高純度 99.998 mol% が得られています。この時、リボイラ熱負荷 187.1 Mcal/h となっています。通常塔2塔で同じ原料、同じ分離スペックで通常塔2塔（各40理想段）が消費する加熱負荷と比較して表した省エネ率を図5に示します。最高純度の VP2-1=14.75 kmol/h の時、省エネ率約 32% でした。VP2-1 が最適値よりずれると図6のように、分割部 M 側での T の最高濃度の位置が製品抜出段からずれてくるのが原因です。

4. バランスカラムの適用性

前述のように、3成分以上の多成分系を低沸点、中間沸点、高沸点の3グループに分離精製するには通常塔なら2塔必要であり、垂直分割壁式蒸留塔 DWC ならばリボイラが1基で済む点で省エネルギー効果があると言われていますが、最高で35%程度で分離条件によります。DWC の有効な適用は中間成分の濃縮にあり、特に前例のように中間成分を高純度に精製回収することに向いています。Balance Column は規則充填物を入れることも可能ですが、リフトトレイやチェンジトレイを装備しますと、蒸留プロセスに多い汚れ系はもちろん、結露によって粘着性や熱硬化の危険性が出る溶液の蒸留や高沸点物（例えばエチレングリコール）の回収にも減圧下で威力を発揮できます。特に微粒子などの残渣成分やポリマーなどが混入している廃溶媒混合物から有用溶剤を高純度で回収する溶剤回収プロセスに貢献できると期待されています。

5. 結び

DWC は液流量分配だけでなく、蒸気流量分配が重要であり、その分配制御がチェンジトレイで可能になりました。3R (recycle, reuse, recover) への応用に限らず、いろいろな用途があると予想されます。汚れに強く、製品純度の制御が容易になった初めての棚段式 DWC であるバランスカラムをぜひご利用いただければ幸いです。

特許

日本 No.4262576

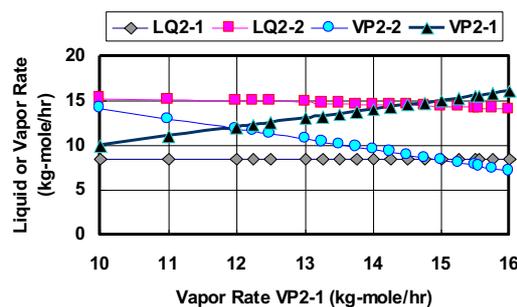


図3 還流液、蒸気の流量分配の変化

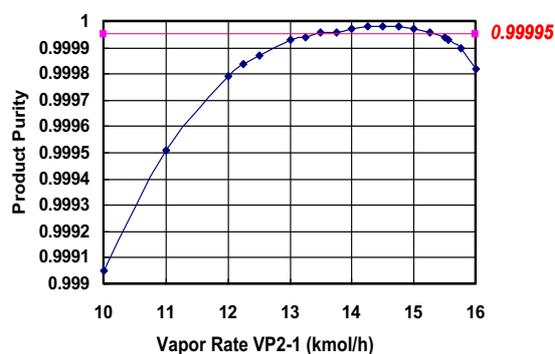


図4 蒸気分配量による製品純度の変化

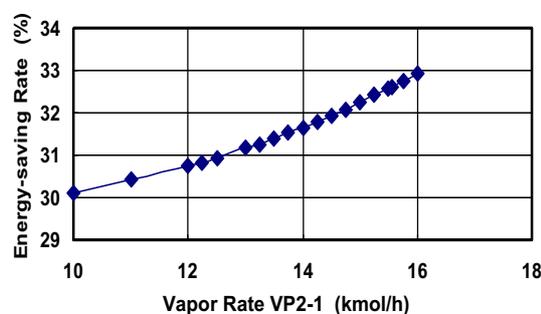


図5 蒸気分配量による省エネ率の変化

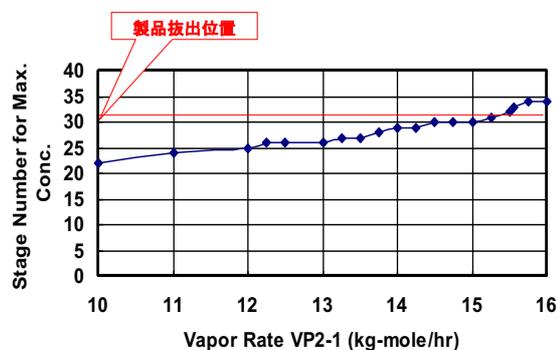


図6 製品トルエンの最高濃度の位置の変化