

C113

マイクロ蒸留デバイスの視点に基づく多段蒸留技術の考察

(徳島大院 STS 研) (正)外輪健一郎*・(徳島大工) 中澤孝太・
(徳島大院 STS 研)(正)中川敬三・(正)杉山茂

1. 緒言

代表径が 1mm 以下の流路、すなわちマイクロ流路を利用した化学装置の開発が多方面で進められている。マイクロ流路を利用した反応装置はマイクロリアクタと呼ばれ、各種の化学反応工程の収率を向上できると期待されている。マイクロ流路を利用した化学装置としては、反応装置だけが注目されている訳ではない。抽出やエマルジョン合成、ナノ粒子合成などへの応用も多く報告されている。我々は、化学工業で最も広く活用されている分離技術である蒸留に対してマイクロ流路を活用できる可能性について検討を進めてきた。

これまでの研究において、マイクロ流路において 1 段の蒸留操作を可能とする技術を開発している。開発された装置の一例を図 1 に示す。これはマイクロ蒸留デバイスと呼ばれ、多段化することによって、マイクロ流路を活用した蒸留装置を開発可能であると考えられる。

しかしマイクロ蒸留デバイスは通常の段とは異なる構造を有しているため、トレイを積み上げて段塔を構成するような考え方で、多段化を行うことはできない。我々は、マイクロ蒸留デバイスに適した多段化の手法を考える中で、新しい形式の蒸留装置の提案に至った。本報告では、その経緯について述べるとともに、新しい蒸留装置の性能をシミュレーションによって考察した結果について報告する。



図 1：マイクロ蒸留デバイスの一例

2. マイクロ蒸留デバイスの特徴と多段化

図 1 に示すように、マイクロ蒸留デバイスはチップ状の構造を有している。通常のトレイとは異なり、多段化を考える場合には、デバイス間で流体を送るためのポンプを接続する必要がある。また、通常の蒸留装置では、段ごとに温度が異なっており、それぞれの温度によって定まる平衡濃度を推進力として蒸留が進行する。段塔の場合には蒸気と液のもつエンタルピーによってこの温度分布が自動的に生じるのであるが、マイクロ蒸留デバイスを利用した場合には段ごとに温度制御を行う必要がある。

段ごとに温度制御を設けることでシステムが複雑になることを避けるためには、全ての段の温度をオイルバス等で一定とし、各段の圧力を変化させることで平衡濃度を変化させて、蒸留を進行させる方法が考えられる。この構成では、オイルバスを介した濃縮部と回収部間の熱統合によって、所要エネルギー量を大幅に減少できる可能性がある。一方で、蒸気を低圧側から高圧側へと移動させるためのコンプレッサを各段に導入する必要があり、これはユーティリティコストを上昇させる。そこで、このような圧力分布を利用した蒸留装置全体でのエネルギー効率をシミュレーションによって検討した。

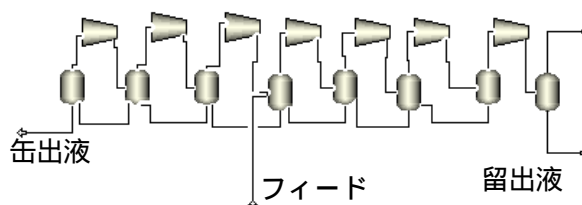


図 2 圧力を一定とした多段蒸留のモデル

3. 所要エネルギー試算

プロセスシミュレーションソフトとしては AspenPlus を利用した。図 2 に Aspen 上に構築した、温度一定の多段蒸留のモデルを示す。これは 7 段の分離を行うケースとなっており、フィードは中央の段に供給されている。

フィードとして、水-メタノールの等モル混合物を仮定し、流量は 1kmol/hr とした。このとき、コンプレッサの所要動力(機械効率を 80%と仮定)の合計は 756W、各フラッシュでの所要熱量の合計は 234W となり、得られるメタノールの濃度は 90mol%となった。同等の蒸留を 100 段の段塔で行った場合についての計算では、リボイラとコンデンサの所要熱量はそれぞれ、6.7kW、6.5kW となった。これより、圧力分布を利用した蒸留では熱統合が図られるため、所要エネルギー量を大幅に削減できる可能性が有ると言える。

所要エネルギー量に対する段数やフィード条件、分離スペックの影響については講演時に紹介する。

謝辞

本研究は、科研費挑戦的萌芽研究(21656246)を受けて行われました。ここに記して感謝致します。

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