関西化学機械製作株式会社
No.NHT280605BI-1

非接触式多段流下薄膜連続蒸発装置 ----- WWムートン

１．概　要

弊社オリジナルのウォールウェッター―のプール液汲み上げ機能を応用して非接触で流下液膜を界面更新して伝熱促進できる蒸発装置を多段化し、かつ連続式にした新型蒸発装置を開発しました。沸点の高い混合物から比較的低沸点の有用成分を回収したいとか、高沸点物自身の純度を上げたいとか、固形分を含有する場合の溶媒回収とか、熱変性を避けるために真空にして高沸点混合物中の微量成分を分離除去したいなど、いろいろなニーズに対応できるように、操作性がよく、多段化された高効率の連続式蒸発装置です。

２．原　理・構　造

装置本体の基本構造を図１に示します。
原料液は第１段のトップの原料供給ノズルから入り、回転する液分散装置に流下して円外周部より、カラム内側に供給され、側面を膜状に流下します。流下する液はジャケットで加熱され、揮発成分を蒸発しながら第１段ボトムに到達してトレイ上に液プールとして溜まります。このプールの液を回転するウォールウェッター―により遠心力で汲み上げ、同じ第１段カラム内側の側面を流下している液膜の上部に噴射され、流下液膜の流量を大きくし、かつ周期的な液噴射による界面更新によって伝熱促進効果をあげる仕組みになっています。第１段のトレイ上にプールされた液はオーバーフローにより第２段のカラム内部側壁に液膜状に供給され、第１段と同様に流下液膜となり、第２段のウォールウェッター―による循環液と合流して蒸発しながら流下します。そして第２段のトレイをオーバーフローして第３段に入った液は同様にウォールウェッター―の噴射・合流を伴いながら流下し、最終的に分離濃縮された第３段のカラム底にたどり着いた液が製品缶出液として底部より抜き出される仕組みになっています。
蒸留塔とは異なり、塔底にはリボイラーはなく、各段にサイドヒーター―が付いています。

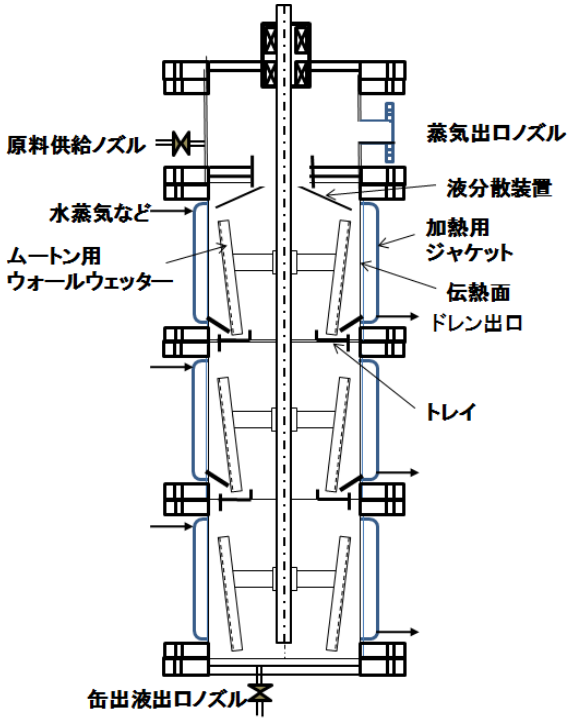

図１　装置本体の基本構造（３段の場合）

３．プロセス解析と特　長

本システムの特徴を例示するために、図２のような３段からなるユニットにより、ある高沸点ＡＢの２成分系混合物の中から少し沸点が低い成分Ｂを蒸発除去するプロセスについて解析した結果を示します。
原料液（90℃）は正常沸点 343.9℃のＡ成分 2.9 kmol/h と正常沸点 197.3℃のＢ成分 0.1 kmol/h の２成分系とします。正常沸点における蒸発潜熱はA=103.32 kJ/mol, B=56.9 kJ/mol とします。本装置は原則的に還流なしを想定していますが、必要ならば簡単に還流はできます。
このプロセス例では、製品として、できるだけ缶出液のＡ成分の純度を上げることを目的としています。
Ａ成分が少しは留出液の方へ行ってもよい、すなわち

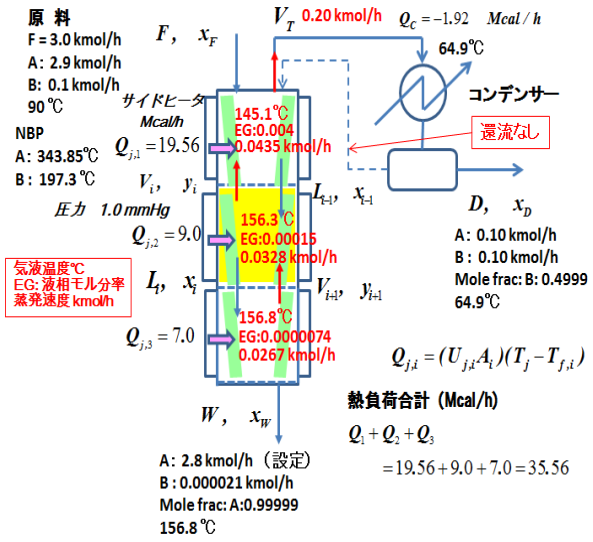

図２　３段のユニットとそのプロセス解析結果

A成分の回収率を少し下げますと缶出液の純度は劇的に高くなりますので、原料 3.0 kmol/h のに対して、缶出液抜出量 =2.8 kmol/h とした場合についてプロセス解析した結果を同じ図 2 中に示します。高沸点なので減圧にして、操作圧を 1 mmHg としています。最下段で生じた蒸気は上の段へ順次、低沸点成分が濃縮されながら上昇します。同図のように、目的の缶出液製品Aの純度は 0.99999 と非常に高純度になっており、原料中のA成分（2.9 kmol/h）の回収率 =96.55%となります。この場合の各段の加熱負荷は１段： 19.56 Mcal/h, ２段：9.0 Mcal/h, ３段： 7.0 Mcal/h となっています。

４．多段化の効果の検討

上記と同じ缶出液の抜出量 2.8 kmol/h の場合ですが、多段化による濃縮効果の変化を見るために、１～４段の４種のユニットについて解析した結果を図 3 に示します。
3 段で十分な純度にまで精製できています。

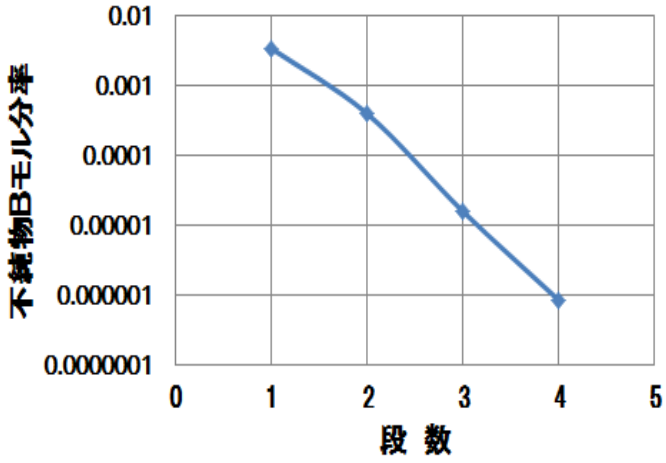

図 3　多段化効果（段数による缶出液（製品）の純度の変化

５．実験例

本装置の適用性を確認するための実験例を紹介します。原料には洗浄廃液を用い，溶剤回収と洗浄残渣の分離を目的としています。原料は H2O = 93 wt%, IPA = 4 wt%, 少し沸点が高い成分 A = 3 wt% からなる洗浄廃液で，いかに高回収率で IPA を有利に回収できるか実験しました。図 4 に実験装置と実験結果例を示します。原料 100 kg/h を第 1 室のプール部へ供給し，加熱用水蒸気（0.2 MPaG）は第 1 室，第 2 室のジャケットに分けて供給し，合計 48.0 kg/h 消費しました。
本装置の特徴であるウォールウェッター（回転数: 300 rpm）により各室内で液を循環しており，流下液膜は周期的に界面更新され、伝熱促進されます。流下液膜の沸点を下げて温度を大きくとるために操作圧を 200 mmHg の減圧にした結果，温度差と総括伝熱係数の概略値は第 1 室，第 2 室それぞれで （I）68.7℃, 353 kcal/m2h℃, （II）67.5℃, 224 kcal/m2h ℃ となりました。
目的の IPA は 100% 留出側に回収できていますが，水を減らす工程が次に必要です。A成分は缶出側に 100% 回収されています。消費水蒸気の潜熱換算で消費熱は 24.9 Mcal/h となりました。

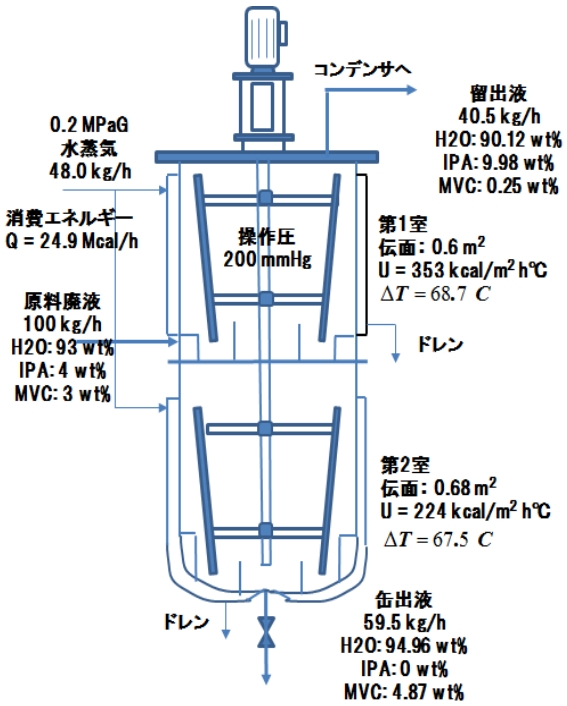

図 4　適用性確認の実験装置と実験結果の例

６．結　び

開発された新型蒸発装置は｛WW ムートン｝と言う商品名で売り出して行きます。これから実績を多く上げていく可能性の多い新商品です。いろいろなエコプロセスに適しています。固形分を多く含んでいるスラリー溶液などを扱う場合も、蒸留塔では棚段塔でも目詰まりや残渣の堆積が問題になりますが、本装置を適用しますと、例えば、再利用したい固形分がスラリー状の残渣として入っている油分Ａと水分Ｂを含んでいる廃液に、先ず油分を溶剤Ｃを使って抽出洗浄し、その洗浄廃液から溶剤を高回収率で留出側に回収するプロセスにて好結果が得られています。