

# 革新的省エネルギー技術 SUPERHIDIC<sup>®</sup>

若林 敏祐 (わかばやし としひろ) 東洋エンジニアリング株式会社 プロセスシステム部 設計技術チーム

**要約** 石油精製・石油化学分野では蒸留操作は最も利用されている分離単位操作で、プラント全体の消費エネルギーの40%程度を消費しているといわれる。一方、蒸留操作は熱力学的効率が低い熱エネルギー多消費プロセスである。省エネルギーの観点から、蒸留操作において最も理想的なかたちは、可逆蒸留操作と呼ばれる仮想的な操作である。内部熱交換型蒸留塔(HIDiC)は、可逆蒸留操作に類似した操作を得ることを目的に開発されてきた技術で、世界中で多くの研究開発が行われてきた。しかし、従来型HIDiCはその原理と構造から必然的に発生する問題のため商業化を果たせずにいる。SUPERHIDIC<sup>®</sup>はこれらの問題を解決し、且つより優れた省エネルギー性能を得られる革新的なシステムである。本稿では、SUPERHIDIC<sup>®</sup>の概念・構造を解説し、ケーススタディーを通して具体的な効果を示し、昨年に丸善石油化学殿向けに受注した商業初号機受注について簡単に紹介する。

## 1. 緒言

分離に関する単位操作としては、物理吸収、化学吸収、膜、吸着、晶析、蒸留、抽出、超臨界抽出、イオン交換など、多くの技術があり実用化されている。これらのなかで、技術的完熟度や利用達成度の観点から、蒸留操作はもっとも利用されている。特に、石油精製・石油化学分野ではこの傾向が顕著であり、プラント全体の消費エネルギーの40%程度が蒸留操作により消費されているといわれる。一方で、蒸留操作は熱力学的効率が低い熱エネルギー多消費プロセスである。このため、古くから多くの省エネルギー技術が提案されてきた。省エネルギーの観点から、蒸留操作において最も理想的なかたちは、可逆蒸留操作と呼ばれる操作であるが、この操作は仮想的であり、現実にはこれを忠実に再現することはできない。内部熱交換型蒸留塔(Heat Integrated Distillation Column、以下HIDiCと呼ぶ)は、可逆蒸留操作に類似した操作を得ることを目的に開発されてきた技術で、1970年代にアメリカのMah教授<sup>1)</sup>がその概念を提案して以来、世界中で多くの研究開発が行われてきた<sup>2),3)</sup>。そのなかでも、我国とオランダで多くの研究がなされ、特に我国では京都大学大学院工学研究科での研究を基に、工業技術院時代からの産業技術総合研究所、NEDOの支援のもと、パイロットプラントが建設されるなど、先進的な取り組みがなされてきた。しかし、商業化を果たせずにはいた。SUPERHIDIC<sup>®</sup>は、従来のHIDiCが必然

的に有する問題を解決することで実用を可能とし、且つより優れた省エネルギー性能を得られる革新的なシステムである。

本稿では、まず蒸留操作の基礎、HIDiC全般の基礎を解説したうえで、SUPERHIDIC<sup>®</sup>の概念・構造を解説する。更に、適正系とケーススタディーを通じた効果を示し、初号機受注について簡単に紹介する。

## 2. 蒸留操作の基礎

蒸留は混合物の揮発度差を利用して、混合物を分離する単位操作である。混合物に熱エネルギーを加え(あるいは取り除き)、気液が混在する状態をつくと、気相中では混合物を構成する軽質成分のモル比が大きく、液相中では混合物を構成する重質成分のモル比が大きくなる(図1参照)。この操作を繰り返せば、軽質成分を所望濃度まで、あるいは重質成分を所望の濃度に分離できる。蒸留操作が広く利用されているのは、この操作の繰り返し、すなわち多段化が容易であるためである。すなわち、原料と製品のあいだで供給する(あるいは取り除く)熱エネルギーを各単段操作部ではなく、両端の製品段に供給する(あるいは取り除く)熱エネルギーに移すことが可能で、これにより蒸留塔・塔頂コンデンサー・塔底リボイラーという簡単な装置構造で多段化されたシステムを実現できるのである(図2参照)。なお、原料供給段から軽質成分を濃縮される塔頂までの部位を濃縮部(rectifying