関西化学機械製作株式会社
No.NHT280605VI-1

圧縮機を要しない内部熱交換式蒸留装置 ----- CF-HIDiC

１．概　要

弊社は長年にわたって産業技術総合研究所殿、他数社と協働でヒートポンプ原理を応用した蒸留塔の省エネ技術開発の NEDO プロジェクトをやって参りました。開発された内部熱交換式蒸留塔（HIDiC）の技術が大きな省エネ効果をもたらすことを成功裏に確認できました。しかし、その後、なかなか普及しない原因の一つに濃縮部を昇温するために蒸留蒸気を圧縮するコンプレッサーの必要性が一般受けしないことを知り、弊社独自で、この圧縮機を必要としない省エネ蒸留システムを考案、実機レベルまで技術開発しました。

システムを構成する機器が通常の蒸留システムと同じであり、コストが安価になり、運転も楽で、省エネ効果を十分発揮できる２塔システムです。

２．原　理・システム構成

本システムの基本フローを図１に示します。図のように、２塔目（HIDiC 塔）の濃縮部（内塔）へ圧の高い蒸気を送るための第１塔（前置蒸留塔）を有しています。第１塔のリボイラの加熱負荷により圧の高い塔頂蒸気を HIDiC 塔の濃縮部塔底へ送り、濃縮部を回遊部（外塔）より高圧にして沸点を上げます。濃縮部塔底から出た缶出液は回収部の塔頂へ供給されます。回収部塔底にもリボイラが原則的には付いていますが、できるだけこの加熱負荷を節減することが主目的です。回収部塔頂から排出する蒸気は従来の HIDiC ならば圧縮機で加圧して、濃縮部へ入れるのですが、圧縮機を使わず，回収部トップにコンデンサを設け、その凝縮液を第１塔のトップへ還流のように戻します。この還流ラインが本システムの最重要な考案点です。このコンデンサの部分に小さな真空ポンプを設ければ、回収部を減圧にでき、沸点をさげて減圧系の内部熱交換蒸留塔として操作もできます。

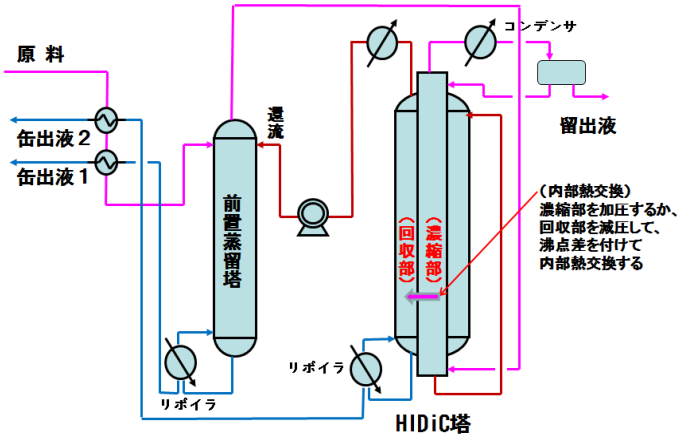

図１　圧縮機を要しない CF-HIDiC の構成

このシステムには２か所の缶出液と１か所の留出液を製品とすることができるため、２塔式省エネ蒸留システムとなります。第１塔は塔頂蒸気を作る通常の蒸留塔であり、省エネ効果を付与していません。第２塔は圧縮機なしで内部熱交換できるので大きな省エネ効果が期待できます。

３．プロセス解析と特　長

前述のＮＥＤＯプロジェクトは、12 成分からなる混合ガソリン（表１）からシクロペンタンを濃縮分離する図２のような C5-splitter （既設は３塔システム）の第１塔を対象に、プロジェクトで開発された圧縮機を用いる HIDiC システム（多管式充填層システム）を適用したパイロットプラントを設計・建設して大きな省エネ効果を上げています。しかし広く応用がきく、圧縮機を必要としない CF-HIDiC 技術の特徴を例示するために、プラント全体の３塔システムを省エネ化する適用プロセス解析しました。

同じ C5-splitter に適用した CF-HIDiC のスペックとフロー構成を図３に示します。

表１の混合ガソリン（原料） 21.46kmol/h を第１塔に供給し、1.9 atm まで加圧してシクロペンタンより高沸側をカットした塔頂蒸気を HIDiC 塔の濃縮部（圧損考慮して 1.73 atm）に供給します。

回収部は常圧にして内部熱交換して HIDiC 塔のリボイラの熱負荷をできるだけ節減します。

目的のシクロペンタンは HIDiC 塔の缶出液 3.89 kmol/h,を製品（98 mol%）として抜き出されます。

NEDO プロジェクトでのパイ

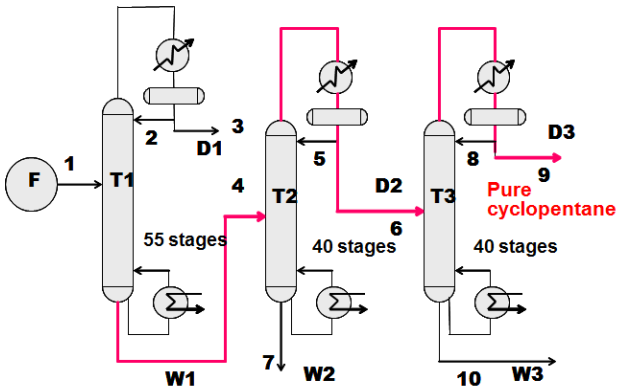

図２　シクロペンタン回収の C5-splitter

表１　混合ガソリン（原料）の組成

Component	Wt%	Component	Wt%
n-butane	0.04	2-methylpentane	13.57
i-pentane	1.80	3-methylpentane	4.71
n-pentane	14.89	n-hexane	11.43
2,2-dimethylbutane	0.22	Methyl-cyclopentane	13.24
c-pentane	36.9	Benzene	0.43
2,3-dimethylbutane	1.49	Cyclohexane	1.28

ロットプラントは３塔からなる既設プラントの第１塔のみを HIDiC 化の対象としましたが、ここではプラント全体に本システムを適用しています。すなわち、この CF-HIDiC は１基で既設の３塔分の役割をするように、想定しています。

既設プラントの３塔全体の熱負荷実績は 1.1179 Gcal/h でありましたが、同じ純度の製品（シクロペンタン）を得るのに本システムでの熱負荷は計算の上では 0.5474 Gcal/h で済みました。すなわち既設プラントの実際の熱負荷の 51%の省エネ効果が得られるとの解析結果になっています。
既設プラントを２塔システムの改善することは可能ですが。それでも 40.7% の省エネ効果があることを確認しています。

４．実施例

バイオフューエルチャレンジの NEDO プロジェクトに参画して、エタノール発酵もろみ液（5 wt% EtOH）を共沸点近い 92.2 wt% EtOH まで濃縮する蒸留システムの省エネ化を担当しました。実証試験スケールの CF-HIDiC のベンチプラント（写真 1）を設計・製作して試運転を行い、約 35% の省エネ率でプロジェクトの役目を果たしています。
この発酵モロミ液のように汚れのある液には従来の標準型 HIDiC はファウリングが内部熱交換部の伝熱面に生じ、深刻な伝熱阻害が生じるため、適用できません。その点でも、内部熱交換部の伝熱面にファウリングが起きない本 CF-HIDiC が適しています。
基本的には汚れに強い弊社のチェンジトレイなどを使って、汚れ対策は第１塔（もろみ塔）でやり、クリーンな蒸気を HIDiC 塔へ送ることができます。また、このベンチプラントでは塔底領域でほぼ水分のみになるため、リボイラの代わりに生の水蒸気を吹き込むことができ、ファウリング対策が容易です。旨く運転できた場合は HIDiC 塔はリボイラがなく、圧縮機もなく，生の水蒸気の吹き込みも必要ない状態が得られ、必要熱負荷は第１塔の吹き込み水蒸気のみとなり得ます。すなわち、HIDiC 塔は何のエネルギーもなしで蒸留運転ができる、極めて省エネ効果が高い状態に達することができます。

５．特許：　第 4819756 号

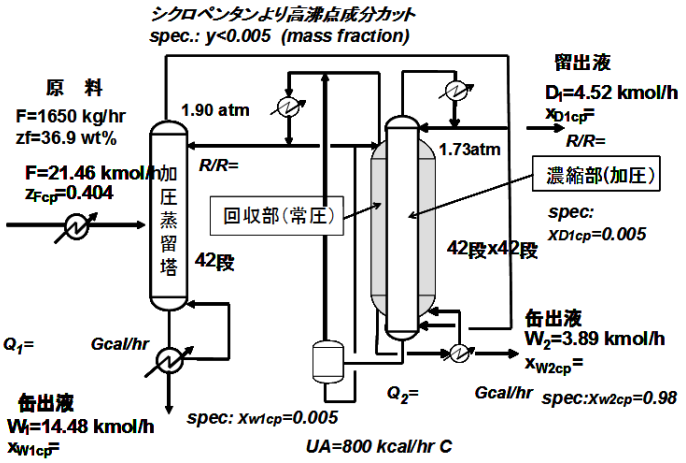

図３　C3-splitter （シクロペンタン塔，３塔システム）に CF-HIDiC を適用した場合のフロー構成とスペック

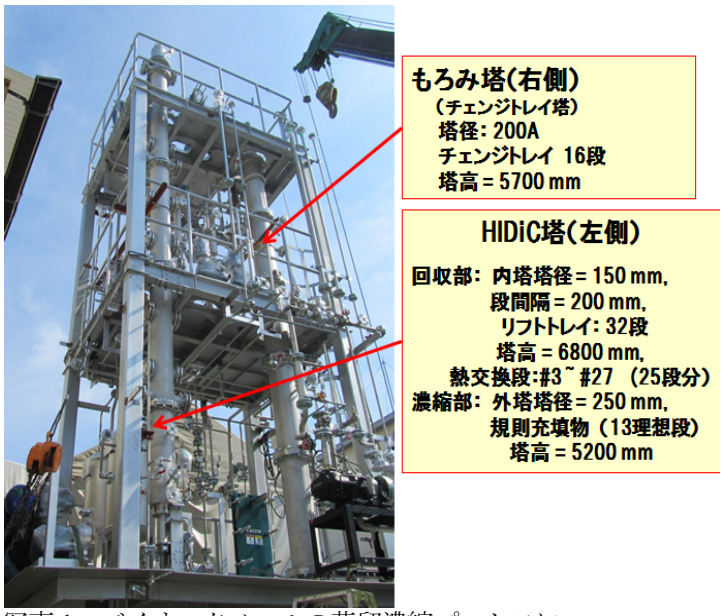

写真１　バイオエタノールの蒸留濃縮プロセスに適用した CF-HIDiC ベンチプラント

６．結　び

この圧縮機を要しない CF-HIDiC は従来の圧縮機付きの HIDiC システムより第１塔に省エネ効果を付けていない点で、少し小さい省エネ効果となりますが、それでも結構高い省エネ率があり、圧縮機を必要としない利点，３成分の分離ができる点，装置費が安価な点，運転が易しい点，またファウリングが HIDiC 加熱面に生じない点，など数々のメリットを有しています。お客様のご希望、ご検討の蒸留プロセスに対して、本 CF-HIDiC が有効に適用できるか、どの程度の省エネ効果が期待できるかなど、予備検討のためのシミュレーション解析をさせていただきます。この圧縮機を要しない内部熱交換蒸留システムは関西化学機械製作のオリジナル技術です。