

技術紹介

充填蒸留塔内における液流量分布測定技術

Experiments and Techniques for Measuring Liquid Distribution Profiles in Packed Distillation Columns

石崎 一俊*
ISHIZAKI Kazutoshi

木原 均*
KIHARA Hitoshi

江越 信明**
EGOSHI Nobuaki

1. はじめに

近年、深冷空気分離装置（以下、ASU）の大容量化に伴い主構成機器である蒸留塔（充填塔）も大塔径化している。ASUの充填塔で使用される規則充填物は一般的な化学工業向けのものに比べ比表面積が非常に大きく、水平方向の液の混合が促進されにくい。そのため特に大塔径充填塔では液偏流が蒸留性能の大幅な低下につながることもある。したがって、設計・製作にあたっては液分配器の液分配性能や充填物の構造、充填層の均一性など液偏流防止に留意する必要がある。

この観点から当社は大型充填塔液分配試験装置（図1）をつくば研究所構内に保有しており、充填塔設計の高度化に利用している。

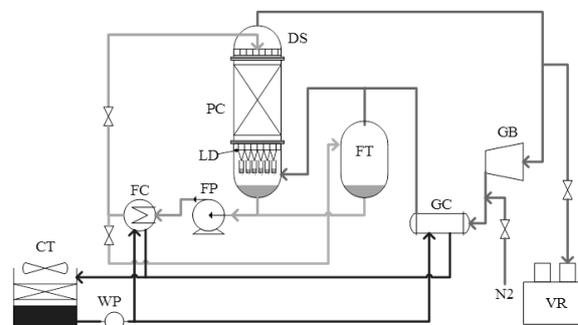


図1 大型充填塔液分配試験装置外観

2. 大型充填塔液分配試験装置

2.1 装置の仕様

本装置は充填塔の液分配器、充填物、充填高さなどの設計条件や、気液負荷などの運転条件が塔内の液分配に与える影響を実験的に検証するための装置である。図2に系統図、表1に主な仕様を示す。主に充填塔本体（PC）、液分配測定部（LD）、気液を循環させるブロウ（GB）およびフロンポンプ（FP）から構成され、常温・常圧下において任意の気液負荷で充填塔の運転状態を再現することができる。また、充填塔本体および液分配器（DS）は交換可能であり、あらゆる設計条件について検証可能である。



PC：充填塔本体 GB：ブロウ FP：フロンポンプ
LD：液分配測定部 DS：液分配器 FC：フロンクーラ
WP：冷却水ポンプ GC：ガスクーラ CT：冷却塔
VR：フロン回収装置 FT：フロンタンク

図2 実験系統図

2.2 使用流体

本装置はガス側に常温の窒素を、液相には代表的な代替フロンの一つである旭硝子社製 AK-225G（化学式 HCFC-225cb, 1,3-ジクロロ-1,1,2,2,3-ペンタフルオロプロパン）を使用している。AK-225Gは安全上の取り扱いが容易な上、表面張力が液体空気に近い

表1 装置の仕様

塔内径	1900 mm	使用液体	AK-225G	
充填高さ	5000 mm (変更可)	密度	1550 kg/m ³	
標準 負荷	ガス	15200 Nm ³ /h	粘度	0.59 mPa·s
	液	33 m ³ /h	表面張力	16 mN/m

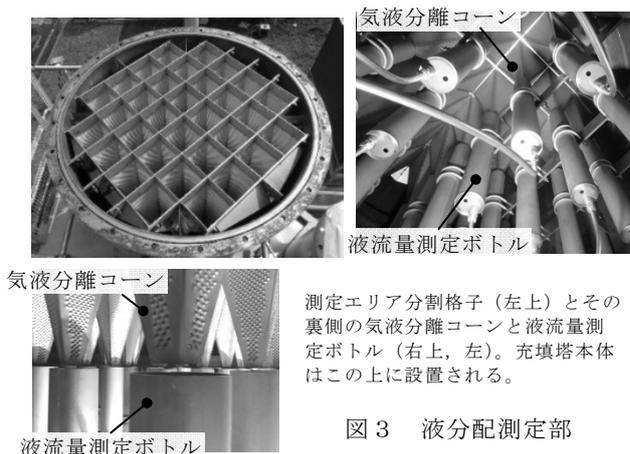
* 開発本部 つくば研究所 分離技術部

** エンジニアリング本部 PEC ASU エンジニアリング部

充填物表面を膜状に流れるため、実際の ASU 内部の液体空気の流れを良好に再現できる。

2.3 塔底部における液流量分布測定方法

充填塔本体底部には測定エリア分割格子、気液分離コーンおよび液流量測定ボトルからなる液分配測定部が設けられている(図3)。塔内を流下した液は測定エリア分割格子(塔壁近くを除き一辺 255 mm の正方形)により塔壁付近を含む 40 カ所の流れに分割され、気液分離コーンにより対向するガス流れと分離しながらそれぞれ液流量測定ボトルに流入する。これらのボトル底部には流出係数が予め検量された孔があるため、ボトル内の液深から液流量を求めることができる。図4に測定結果の一例として、塔底液流量分布を表したコンター図を示す。この例では、塔中央部付近の流量が塔壁近くの流量に比べ 10% 程度大きいことが分かる。



測定エリア分割格子(左上)とその裏側の気液分離コーンと液流量測定ボトル(右上, 左)。充填塔本体はこの上に設置される。

図3 液分配測定部

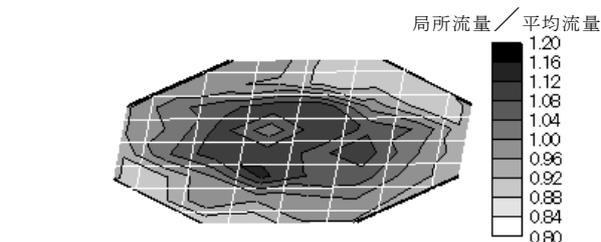


図4 塔底部における液流量分布測定データ

2.4 データ整理方法

各実験条件における液偏流の大きさは、40カ所のエリアそれぞれの塔底部液流量の標準偏差により評価した。なお、塔頂部においては液分配器の設計条件により 0.03 以下であることが分かっている。これにより実験データから塔内で液偏流がどれだけ大きくなったかを評価することができる。

3. 充填塔の液偏流

本装置による解析結果の一例として、充填方法がそれぞれ異なる同構造の規則充填物 A, B, C について、気液負荷を変えて測定した結果を図5に示す。この図から明らかなように、ガス負荷が設計許容値(ローディング点)を超えるあたりから液偏流が急激に大きくなることが分かる。充填塔においてはローディング点を超えると液偏流が増大するために蒸留性能が低下することが広く知られているが、本実験からも矛盾しない結果が得られた。

また、同図から低ガス負荷においても条件 A は B, C に比べ液偏流が大きいことが分かる。これは充填方法が異なることによるものであり、充填方法 A においては充填層の均一性が低かったことが原因と考えられる。前述の通り、充填塔の液偏流は水平方向の液組成に大きな偏りを生じさせ、蒸留性能の大幅な低下につながることもある。本結果から、同構造の充填物でも充填層の均一性を保つ充填方法が重要であることが分かった。

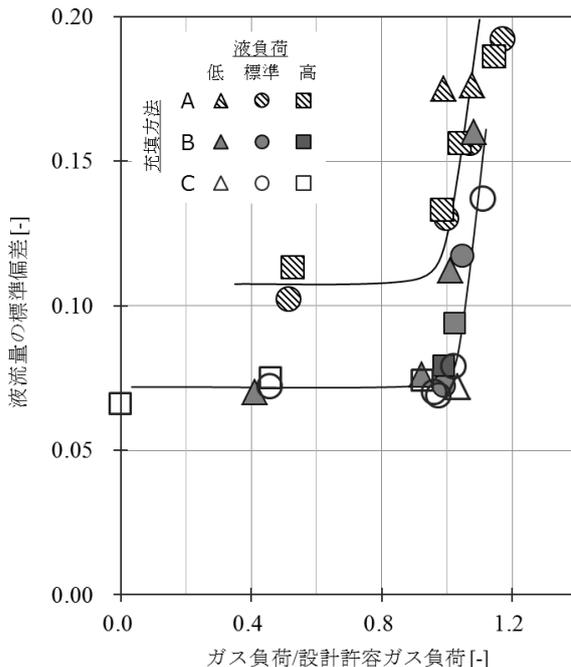


図5 気液負荷による液偏流(標準偏差)の変化

4. むすび

充填塔の液偏流の原因は、上述の他に充填高さ、液分配器の液散布密度や設置水平度など様々である。当社では本装置で得られた知見を基に、液偏流と蒸留を組み合わせたシミュレーションを行っており、今後も充填塔設計のさらなる高度化を図っていく。