

規則充填物を用いた窒素製造装置

Nitrogen Generator with Structured Packing Distillation Column

橋本 秀之*

HASHIMOTO Hideyuki

1. はじめに

当社の窒素製造装置は、装置コスト低減のため、機器および配管レイアウトの見直し等による小型・軽量化を進めている。装置の小型・軽量化は、装置コストだけでなく、陸上輸送時の輸送制限（積載物のサイズと重量）から生じる輸送コスト増加の抑制にも寄与する。

今回、窒素製造装置の蒸留塔に従来の棚段塔に代えて、規則充填物を用いた充填塔を採用することで、装置の小型・軽量化を図った。

2. 充填塔の採用

当社では従来の精留板を用いた棚段塔に代えて、1990年代からアルミニウム製の波板を組み合わせた規則充填物を空気分離装置の低圧蒸留塔などに採用している¹⁾。規則充填物を用いた充填塔は、棚段塔に比べ塔内の圧力損失や塔径が小さく、運転可能範囲が広いなどの利点がある。

現在、当社の窒素製造装置には棚段塔が採用されているが、従来の棚段に代えて規則充填物を採用する主なメリットは以下の2点である。

(1) コールドボックスの小型・軽量化

窒素製造装置に充填塔を採用した場合、従来の棚段塔と異なりダウンカマー（流下液を下の段に送る構造物）が不要になることなどから、蒸留塔の塔径を小さくすることができる。また、蒸留塔内の圧力損失の低減により、主熱交換器や配管での圧力損失の増加が許容できるため、主熱交換器や配管のコンパクト化が可能となる。

蒸留塔および主熱交換器等のコンパクト化により、これらの機器を収納するコールドボックス（断熱箱）の塔径が小さくなり、断熱材（保冷材）の重量も減るため、装置の小型・軽量化につながる。

(2) 同一塔径で広範な運転範囲に対応

装置の小型・軽量化以外のメリットとして、充填塔は棚段塔に比べ運転可能範囲が広く、同一塔径で広範な運転範囲をカバーできることが挙げられる。したがって、装置の標準化等にも有効であり、装置コストの低減につながる。

3. 充填塔の蒸留実験および蒸留計算

規則充填物を窒素製造装置の蒸留塔に採用する際、製品窒素の圧力および発生量等の運転可能範囲の評価や蒸留計算法等の設計技術が必要となるが、実機サイズの実験装置によるデータ採取などを行い、充填塔設計技術の開発は既に完了している。

以下に実験装置で行った充填塔の蒸留実験の概要について示す。

実験では棚段塔を用いた通常の窒素製造装置を改造して充填塔の運転データを採取した。実験条件を表1に、実験装置の外観および充填塔廻りのフローを図1、図2に示す。

当社では充填塔の設計に、従来から自社製の蒸留計算プログラム（RFA）を用いているが、実験装置から得られた運転データとRFAでの計算結果との比較を行った。図3は実験装置の定格運転における蒸留塔内の酸素濃度分布の実測値とRFAの計算値を比較した一例である。RFAの計算値は、実験結果を良好に推算しており、RFAによる充填塔を用いた窒素製造装置の設計が可能であることを示している。

表1 実験条件

充填塔内径	0.26 m
充填塔高さ	5.6 m
塔内圧力	0.4 - 0.6 MPa (gauge)
原料空気量	130 - 600 m ³ (normal) / h
製品窒素ガス量	50 - 280 m ³ (normal) / h

* オンサイト・プラント事業本部プラント事業部プラント・エンジニアリングセンター



図1 実験装置外観

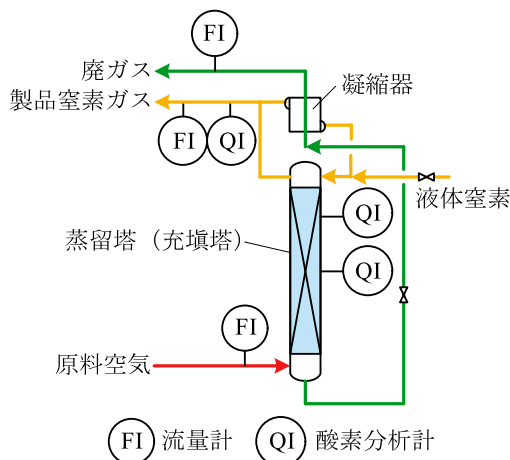


図2 実験装置フロー（充填塔廻り）

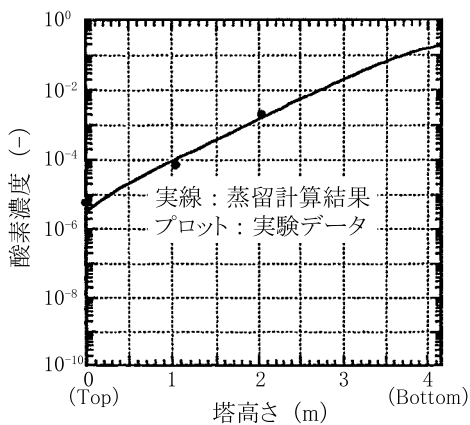


図3 実験データと蒸留計算結果の比較

4. 規則充填物を用いた窒素製造装置の試設計

充填塔を採用した窒素製造装置の冷ドボックスサイズの試設計を行った。対象とした装置は、製品窒素量 $1000 \text{ m}^3 (\text{normal}) / \text{h}$ 、製品窒素中の酸素濃度 0.1 ppm (volume) 未満の窒素製造装置である。

装置の概略フローを図4に、計算条件を表2に示す。今回対象とした装置の場合、従来の棚段塔を用いた装置と比較すると、蒸留塔の高さは2割程度高くなるが、塔径が3割小さくなる。また、蒸留塔内の圧力損失が小さくなった分、主熱交換器での許容圧力損失を大きくとることができ、主熱交換器がコンパクトになった。

蒸留塔の塔径の減少および主熱交換器のコンパクト化により、冷ドボックスの体積が小さくなるため、断熱材を含めた冷ドボックス全体の重量は概算で2割程度低減する見込みである。

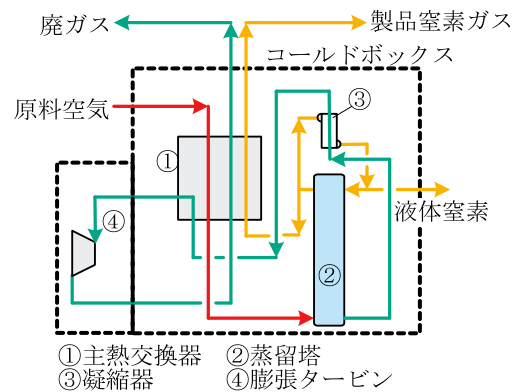


図4 窒素製造装置概略フロー（冷ドボックス内）

表2 計算条件

製品窒素ガス純度	$< 0.1 \text{ ppmO}_2$
充填塔内径	0.45 m
充填塔高さ	12.4 m
製品窒素発生量	$1000 \text{ m}^3 (\text{normal}) / \text{h}$
製品窒素圧力	0.84 MPa (gauge)

5. むすび

窒素製造装置の蒸留塔に従来の棚段塔に代えて規則充填物を採用し、装置の小型・軽量化を図った。

充填塔を採用した窒素製造装置の設計技術の開発は、実機サイズでの実験装置を用いた実験等により既に完了しているが、今回、充填塔を採用した窒素製造装置の試設計を行うことにより、棚段塔に比べ装置の小型・軽量化が図れることを確認した。

今後、充填塔式窒素製造装置に適した機器・配管レイアウトの検討を含む詳細設計を実施した後、実機適用を行う予定である。

参考文献

- 1) 川上浩, 江越信明, 遠藤和人, 長島敏光, 石瑛. 分離技術. 29 (4), 241-247 (1999).