

# 第四世代高性能不規則充填物 Raschig Super-Ringの性能と実績

小島 照博

## 1. はじめに

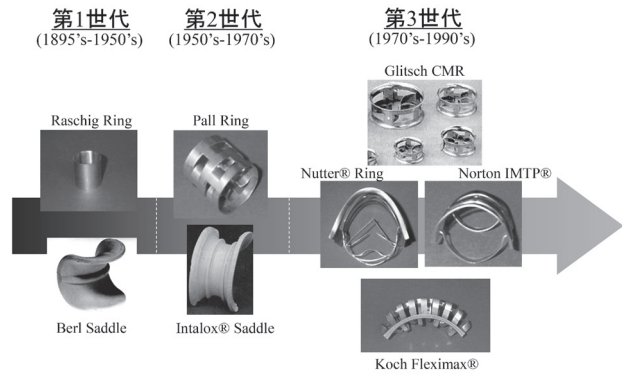
Raschig Super-Ring (RSR) は RASCHIG 社 (ドイツ) で開発された高性能不規則充填物であり、1996年に商業リリースされ、国内では日鉄化工機(株)(現、月島環境エンジニアリング(株))が1997年10月に技術導入をはかり、既に20年以上が経過した。

## 2. 不規則充填物の開発経緯

不規則充填物はその開発時期から大まかに3世代に分類でき、1890年末～1950年代の Raschig Ring, Berl Saddle に代表される第一世代、1950～1970年代初期の Pall Ring に代表される第二世代に続き、1970～1990年代には Cascade Mini-Ring (CMR), Intalox Metal Tower Packing (IMTP) に代表されるいわゆる高性能タイプと呼ばれる第三世代が市場に出回ることとなった。これらに対して、RSRは1990年以降に開発された充填物であり第四世代と位置づけられる。更に、2017年には分離性能は変わらず圧損を10%ほど改良した Raschig Super-Ring Plus (RSR Plus) が公表された。図1にこれら不規則充填物の進化を示す。

## 3. RSRの種類と特徴

豊富なサイズが用意されており図2に示す RSR#0.1 (表面積: 450 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) から #3 (表面積: 80 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) の9サイズに RSR#4 (表面積: 70 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) を加えた10サイズから選定できる。サイズ



第4世代高性能不規則充填物 (1996)

Raschig Super-Ring®  
(ラシヒスーパーリング)



第4世代高性能不規則充填物 (2017)

Raschig Super-Ring Plus  
(ラシヒスーパーリング プラス)

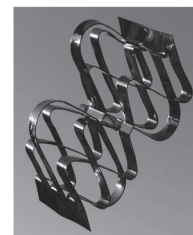


図1 不規則充填物の進化



4th Generation High Efficiency Random Packing  
Raschig Super-Ring : Performance and  
Commercial Experience

Teruhiro KOJIMA

1977年 名古屋工業大学大学院工業化学専攻  
課程修了

現在 月島環境エンジニアリング(株) 充填  
物機器部 部長

連絡先: 〒104-0053 東京都中央区晴海  
3-12-1 KDX晴海ビル

E-mail kojima@tske.co.jp

2018年1月18日受理

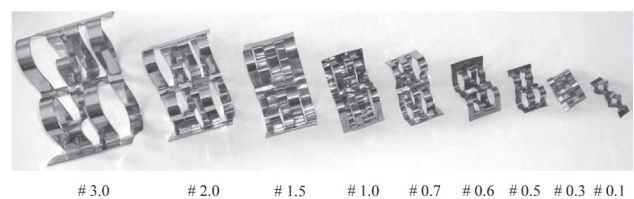


図2 RSRの種類

の小さいタイプは充填高さあたりの分離性能 (HETP) は優れるが圧力損失は大きくなる。更に、現状 RSR Plus は #1 (表面積:  $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )、#2 (表面積:  $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) が適用できる。

材質はステンレス鋼に加え、ニッケル、チタン、 Hastelloy 等の特殊材料でも製作可能である。また、いわゆる高性能タイプに要求される以下の特徴が挙げられる。

- 1) 圧力損失が小さい
- 2) 処理量が大きい
- 3) 分離性能が優れる
- 4) 飛沫同伴量が少ない
- 5) 汚れ系に強い

特筆すべきは、気液接触機構が規則充填物に類似する液膜による物質移動にもとづく点である。

#### 4. RSRの性能比較

充填物の性能は圧力損失、分離性能より評価できるが、2 インチクラスの各世代を代表する不規則充填物に加えほぼ同じ表面積 ( $133 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) の規則充填物 INTALOX 4T も含めた RSR の性能比較を、圧力損失について図3に、また、分離性能(HETP)について図4にそれぞれ示す。

これらのデータは米国蒸留研究機関 (FRI: Fractionation Research Inc.) の設備にて、cyclo-C6-n-C7系で1.65 barで測定されたものである。

図3より、RSRの圧力損失は第二世代の Pall Ring と比較して約60%小さく、第三世代の IMTP, Nutter-Ring と比べ

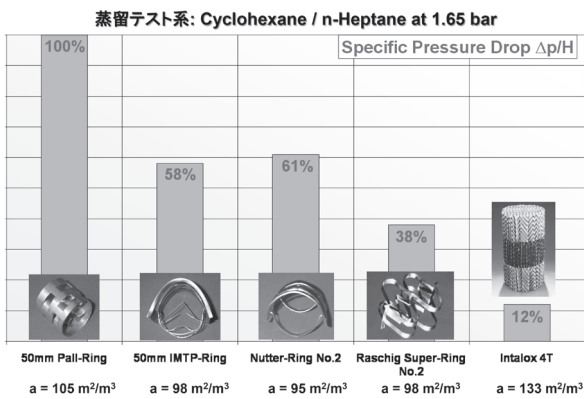


図3 圧力損失の比較

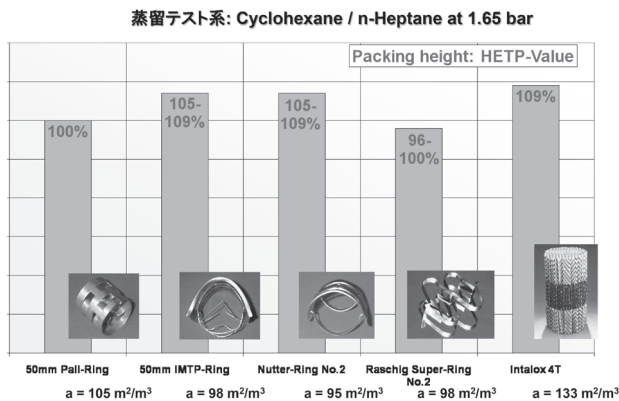


図4 分離性能(HETP)の比較

ても20%ほど小さいことが確認できるが、規則充填物に対しては20%ほど大きい。一方、分離性能については図4より各充填物ともに大きな差異は認められない。

これより、図3、4の結果をもとに同じ運転条件、分離仕様で必要とされる充填物容量を図5に示す。図5より、充填容量としてRSRは第二世代、第三世代と比較して約30%の削減が達成でき、規則充填物と比べても大きな差異はないことがわかる。

#### 5. RSRの適用事例

##### 5.1 規則充填物の改造：真空蒸留塔 (Degussa AG)

既設蒸留塔(塔径 800 mm, 運転圧力 30 mbar)は表面積  $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$  のメッシュタイプの規則充填物を適用していたが、閉塞により3~5ヵ月ごとに全量交換することが必要であった。

これを、RSR#0.3 ( $315 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) に交換することにより、6ヵ月以上の連続運転が達成され、スチーム洗浄による充填物の再利用も可能となった。

この改造では、RASCHIG社開発による図6に示す高性能ディストリビュータ(DT-MF)が適用された。

##### 5.2 規則充填物の改造：TDIプロセス蒸留塔 (BASF-Schwarzheide)

既設蒸留塔は表面積  $250 \text{ m}^2/\text{m}^3$  のシートタイプの規則充

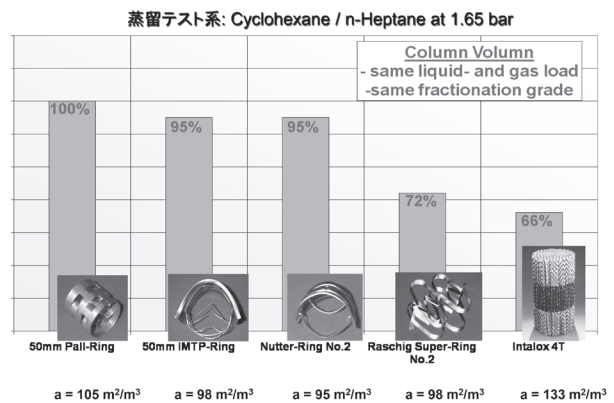
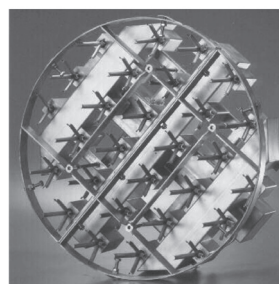


図5 充填物ボリュームの比較

#### 高性能ディストリビュータ(DT-MF)



厳密な設計手法  
 液の均一分散を実現  
 液量:  $0.4-10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$   
 ターンダウン (1:10)  
 汚れ系に強い

図6 高性能ディストリビュータ

充填物を適用していたが、汚れによる処理量、分離性能不足のため12～16ヵ月ごとに全量交換することが必要であった。

これを、RSR#1 (150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) に交換することにより、24ヵ月の連続運転が可能となった。

### 5.3 新設分割塔 (Aral Aromatics)

Uhde Morphylane 抽出蒸留塔を分割塔 (通常2塔を必要とする分離に対し1塔を内部に組み込む設計) とし、RSRを適用することで設備費、用費とともに約20%の削減が達成できた。

塔仕様は塔径2,000 mm、充填高さ68,000 mm、処理量は30,000 T/年、トルエン製品純度は99.99%以上である。

### 5.4 第三世代不規則充填物の改造：a-MDEA プロセス蒸留塔 (BASF)

BASF ライセンスによる a-MDEA (酸性ガス吸収プロセス) の既設吸収塔、蒸留塔、低圧フラッシュドラムの3塔 (塔径1,900～3,700 mm、充填高さ2,000～7,000 mm) を第三世代不規則充填物から RSRへ交換することで10%以上の処理能力アップが実現された。

### 5.5 第二世代不規則充填物の改造：バッチ真空蒸留塔 (Sasol/Marl)

既設蒸留塔 (塔径600 mm、運転圧力300 mbar) は15 mm Pall Ringによる充填高さ2,500 mm×2ベッドであったが、大きな還流比にも拘わらず製品中の不純物濃度が高く収率も60%程度であった。これを、RSR#0.3 (315 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) により充填高さ6,000 mm×1ベッドへ交換することにより、還流を概ね1/2に下げても不純物濃度を抑え収率80%以上を達成した。

### 5.6 高圧蒸留塔の改造：C3 スプリッター (Tagor/Basell)

既設蒸留塔 (塔径1,850 mm、運転圧力12.9 bar) は第三世代不規則充填物を適用し、充填高さは濃縮部6,000 mm (理論段10)、回収部6,000 mm×5ベッド (理論段52) であったが、これを濃縮部 RSR#1、回収部 RSR#1.5 に交換することで処理量を150%までアップすることができた。

このとき要求された製品純度は塔頂プロピレン86.2%、塔底プロパン97.8%である。

### 5.7 第三世代不規則充填物の改造：ブタジエン抽出蒸留塔 (Oxeno/Marl)

既設蒸留塔はトレイ (段間隔400 mm)、第三世代充填物の

表1 代表的な適用分野

Natural gas plant	Methanol plant
Methionine plant	Butadiene plant
Caprolactam plant	N-Methylpyrrolidone plant
Refinery	Synthesis gas plant
Fatty acid plant	Effluent water treatment
Effluent gas plant	Ethylene plant
Ammonia plant	Hydrogen sulfide plant
Ethanol plant	TDI plant
Formaldehyde plant	Ethylenoxid plant
Uhde-Morphilan process	Uhde-Butanex process
LNG receiving terminals	

表2 適用実績

最大充填高	: 14.4 m
最大塔径	: 9 m
最大塔径/充填物径	: 250
最大充填高/塔径	: 28
最大理論段/ベッド	: 15～20
液流量	: 0.4～350 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
運転圧力	: 20 mbar～100 bar
実績数(1996より)	: 6000以上

組み合わせ (塔径2,400～4,200 mm、充填高さ5,000～9,000 mm) であったが、これをRSR#0.5、RSR#1に交換することでソルベント循環量を変更せず25%の処理量アップが達成できた。

## 6. おわりに

表1、表2にRSRの代表的な適用分野、適用実績を示す。近年、充填塔は規則充填物の適用が好まれる傾向にあるが、適用事例で紹介したように不規則充填物が望ましい例もあり、アプリケーションごとに適した充填物の選定が必要である。

また、充填塔の性能を発揮させるためには、本小特集後編のテーマでもあるインターナルの性能が重要となる。

### 参考文献

- 1) RASCHIG社プレゼンテーション資料
- 2) 分離技術会 蒸留フォーラム 2008, 2012, 2015 発表原稿