

[21024]

## 特殊流路内の気液二相流のボイド率分布計測 Void Fraction Measurement among complex Flow Channels

梅川尚嗣<sup>#A)</sup>, 網 健行<sup>A)</sup>, 平賀龍哉<sup>A)</sup>, 船倉陸<sup>A)</sup>, 飯倉寛<sup>B)</sup>, 栗田圭輔<sup>B)</sup>  
Hisashi Umekawa<sup>#A)</sup>, Takeyuki Ami<sup>A)</sup>, Tatuya Hiraga<sup>A)</sup>, Riku Funakura<sup>A)</sup>, Hiroshi Iikura<sup>B)</sup>, Keisuke Kurita<sup>B)</sup>  
<sup>A)</sup> Kansai University, Department of Mechanical Engineering  
<sup>B)</sup> Japan Atomic Energy Agency

### Abstract

The performance of distillation column is strongly influenced by the flow structure under countercurrent flow condition. In this investigation, to estimate the flow characteristics in the structured packing, flow visualization by using the neutron radiography was performed. On the basis on this trial experimental result, several estimation procedures have been evaluated. Especially, CT-reconstruction results have given the possibility of the useful information for the improvement of distillation column.

**Keyword:** Distillation column, Structured packing, Flooding, Counter-current flow, CT-reconstruction

### 1. 緒言

空気分離装置等で用いられる充填塔では、塔内部に規則充填物のような内装物を設置することで、液滞留時間や気液界面積濃度を増加させて蒸留性能の向上を図っている。つまり、充填塔内では複雑な構造をもった筒内で気液対向二相流が発生しており、流動構造の詳細把握は充填塔の更なる性能向上に資する情報となる<sup>[1]</sup>。またこれらの結果は、デブリ冷却における液侵入の基礎データにもなりうる。

本年度は、実機で使用される充填塔を模擬した実験装置を作成し、熱中性子ラジオグラフィによる定量評価で取得可能なデータの検討を行ったのでその概要を報告する。

### 2. 実験装置並びに実験方法

実験装置概略は(Fig.1)に示すものであり、テストセクションの模擬充填塔部は内径φ100mm 長さ520mm のアルミ円筒内部に、規則充填物を挿入したもとなる。充填物は流下方向に45°斜行する波板(コルゲート)加工したアルミ薄板表面に微細波構造(リブレット)を流下方向に直行して加工、さらに穴(パーフォレート)加工を加えたものを、コルゲート波方向が対向する形に積層後、カラーで束ねた210mm長のブロックを、積層方向を直交させて二段挿入している。

作動流体は水もしくはエチルアルコールで、リザーバタンクに貯液されたものをポンプで所定の流量に設定( $J_L=0.003/0.009\text{m/s}$ )して揚水、上部ディストリビュータから滴下、充填物内部を流下した後、下部受液部で回収、空気シール用液トラップを介してリザーバタンクへと戻る。またコンプレッサからの空気はレギュレータと臨界ノズルで所定の流量( $J_G=0\sim 0.9\text{m/s}$ )に設定後下部受液部より吹込み、充填物内で気液対向二相流を形成後、ディストリビュータ部に設けたガス排出孔・液滴飛散防止用ラビリンスを介して大気開放される。

熱中性子ラジオグラフィによる可視化に際して

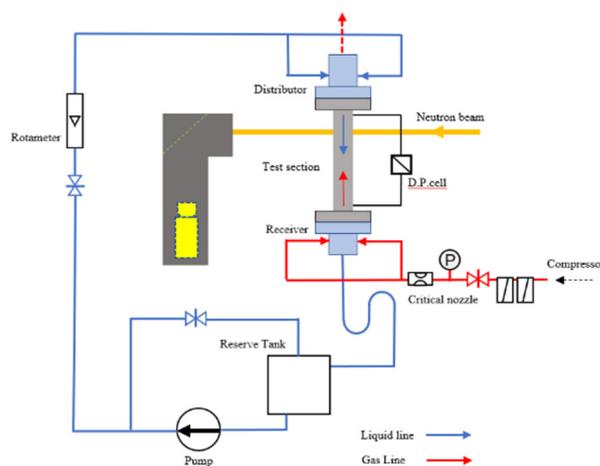


Fig.1 Experimental apparatus.

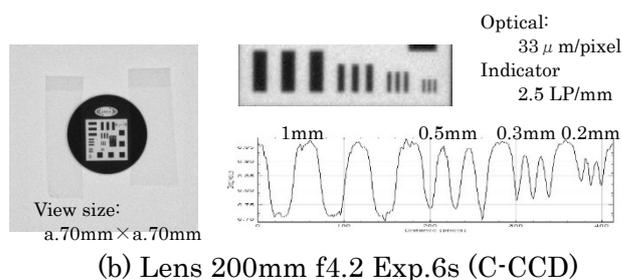
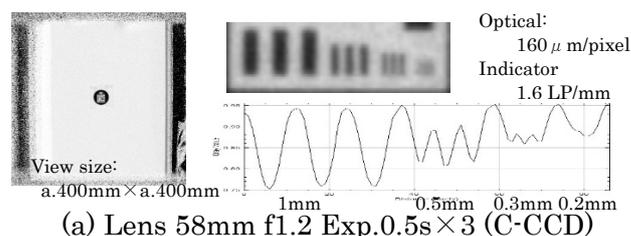


Fig.2 Spatial resolution (Indicator image).

はJRR-3の7Rを使用、撮像は動画撮像(レンズ58mm

[21024]

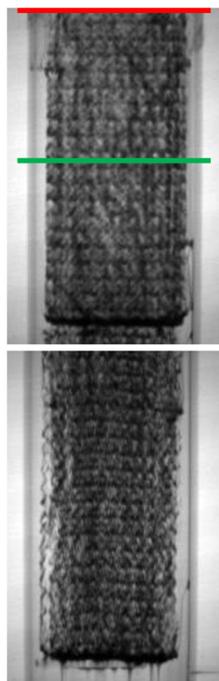


Fig.3 Example of visualization image.

( $J_L = 0.03\text{m/s}$   $J_G = 0.0\text{m/s}$ )

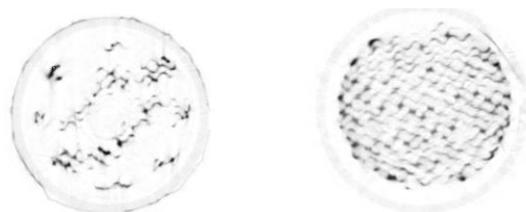
f1.2, I.L.:浜松ホトニクス C9547-01,高速度カメラ: Photron Fastcam Sa1.1)と CT 再構成用に静止画撮像(レンズ 85mm f1.4, C-CCD: Andor iKon-L394)を実行した。また、装置は CT 撮像用にターンテーブル上に設置(露光時間 0.75s で  $0.6^\circ$  刻み 300 枚撮像)されており、装置全体は手動で上下昇降が可能となっている。

### 3. 実験結果並びに評価

前述したように今回は動画撮像ならびに CT 再構成を目的とした静止画撮像を行った。以下に今回の実施内容に対する評価を概説する。

動画撮像には高速度ビデオを用いたが、撮像速度よりも感度を重視して 60frame/s で撮像、58mm レンズでコンバータよりも広めの 40cm×40cm 程度の視野を確保した。なお、C-CCD でインジゲータを撮像したものを Fig.2 に示すが、58mm レンズでの撮像で  $500\mu\text{m}$ 、200mm レンズで  $200\mu\text{m}$  程度の空間分解能が確保されているものと考えられる。

高速度ビデオを用いた動画撮像結果は従来 7R で用いられていた SIT 管カメラと比してはるかに高画質の画像は得られたが、C-CCD の画像と比べると画像歪や輝度の点で検討の余地は残った。また、今回は  $\phi 100\text{mm}$  の装置を用いたが、積算情報として液膜の動的挙動情報を得ることは困難で、積層枚数を減じた装置の検討が必要と判断された。



(a) at the top of packing

(b) at the center of upper block

(red line in Fig.3)

(green line in Fig.3)

Fig.4 Example of CT reconstruction image.

Fig.3 は C-CCD での透過画像であり、画像歪の少ない高画質な画像が取得できている( $a.200\mu/\text{pixel}$ )。図は装置を上下昇降させて得たものとなっており、各ユニット下部のローディング、底部から縮流した液が流出している様相が確認できる。露光時間に関しては、今回 0.75s で撮像した。この露光時間では、下部の流下部を準定常として取り扱うには不十分であったが、規則充填物内の流下部では十分 CT に使用できるレベルで準定常画像が取得できた。これらの画像をもとにバックプロジェクション法で CT 再構成を行ったものが Fig.4 でフィルタは Shepp & Logan を適用した。また流下部の特定に用いた二値化手法においては、透過画像から得られた透過液厚さと比較的良好一致を示したレーニエントロピ法を使用している。ファントムならびに透過画層の輝度評価から本系で撮像が可能な液透過厚さは 10~15mm と判断されるが、規則充填物内でのポイド率は高く、下部のローディング部を除けば、問題なく再構成が可能であることが示された。

最後に CT 再構成画像について要点を述べておく。Fig.4(a)に示されるように頂部ではディストリビュータからの液滴下分布状況、さらには規則充填物構造に依存した拡散状況が確認できており、構造物内の液拡散情報の評価が今後実施可能と判断している。

充填物中間部の Fig.4(b)では隣接するコルゲート構造が接触する部位での液だまりならびに、液膜分布状況が視認できる。これらの情報は気液界面積濃度の評価情報として利用できるものと考えており、CT 再構成時の空間分解能の向上も含めて検討を行っている。また、上下のユニット接続部における液の再配分情報なども取得可能であることが示唆されている。

### まとめ

本法では、規則充填物内部の流動特性の把握を目的として実施した予備実験の結果の概略をまとめた。これらの結果をもとに、装置問題点の改良、実験手法の見直しを現在検討中である。

### 参考文献

- [1] K.Kubota, T.Ami and H.Umekawa, "Flow Characteristics of Counter-Current Two-Phase Flow in Structured Packing -Influence of Clearance between Pakings), Japan J. Multiphase Flow, Vol.30(5) 467-474, 2017(in Japanese).