

[22036]

## 特殊流路内の気液二相流のボイド率分布計測

### Void-fraction Measurement in Structured Packing by using Neutron Radiography

梅川尚嗣<sup>#A)</sup>, 平賀龍哉<sup>A)</sup>, 永富大世<sup>A)</sup>, 船倉陸<sup>A)</sup>, 網健行<sup>A)</sup>, 飯倉寛<sup>B)</sup>, 栗田圭輔<sup>B)</sup>  
Hisashi Umekawa<sup>#A)</sup>, Ryuya Hiraga<sup>A)</sup>, Taisei Nagatomi<sup>A)</sup>, Riku Funakura<sup>A)</sup>, Takeyuiki Ami<sup>A)</sup>,  
Hiroshi Iikura<sup>B)</sup> and Keisuke Kurita<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Kasai University, Department of Mechanical Engineering

<sup>B)</sup> Japan Atomic Energy Agency

#### Abstract

The structured packing is widely equipped with the distillation column to keep the long residence period and wide interfacial area. Owing to this component, the flow characteristic of distillation column becomes the complicated counter-current two-phase flow among strange structure. The detail flow characteristic is an important design factor, thus several investigations have been conducted so far. But even fundamental characteristic is still estimated on the basis on the empirical fact, and detail physical mechanism has not been fully understood. In this investigation, 3-D flow structure among structured packing are visualized by using a CT-reconstruction of thermal neutron radiography images. In the investigation, two kinds of structure packings and two kind of working fluids were used, and the quite interesting and important features which depended on the structure configuration and physical properties of working fluid could be obtained. These results will be reported as the quantitative evaluation elsewhere.

**Keyword:** Counter-current flow, Structured Packing, Distillation column, CT-reconstruction, Flow Visualization

#### 1. 緒論

空気分離装置に代表される蒸留塔では、上部から流下する還流液と下部から吹き込まれる蒸気とが、対向二相流を形成しながら含有成分の飽和温度の差に起因して製品純度を高めていく。この時、十分な滞留時間と界面積濃度を確保するために、塔内には、棚段や充填物が設置されることから、流動現象としては複雑な構造物を有する系での気液対向二相流となる。この系で蒸気流速が増加するとローディングやフラッディングが発生し蒸留塔の運転限界に達することからその発生見積りは重要な設計因子となるが、それ以外にも内部で形成される擾乱波等の状況や内部での拡散状況は蒸留性能に大きく影響することからその詳細把握が重要となる。本研究では実機で用いられる充填物を内装した模擬充填層での流動状態を熱中性子ラジオグラフィを用いて可視化する

ことで、これらの因子の評価検討を実施している。

#### 2. 実験装置および実験方法

本実験で用いた実験装置の概略図を図1に示す。本系は流下液に水もしくはエチルアルコールを、対向する気相にはコンプレッサーからの空気を用いている。リザーバタンクに貯められた作動流体はポンプで揚水されて頂部に設置されたΦ3mmのディストリビューター管から1点流下、塔内に設置された規則充填物内を流下したのち下部で回収され、液トラップを介してリザーバタンクに戻る閉ループとなっている。空気はコンプレッサーからの空気を、ミストセパレータ・オイルセパレータを通したのち臨界ノズルを用いて所定の流量に設定し塔下部から流入させ、頂部から大気開放する。このテストセクション部はJR R-3の7R内に設置され熱中性子ラジオグラフィによる可視化を行う。また、テストセクション部は全長が撮像可能となるように上下昇降台に設置、さらにターンテーブルを用いることでCT撮像も行える形となっている。

テストセクションは内径約100mm、長さ520mmの

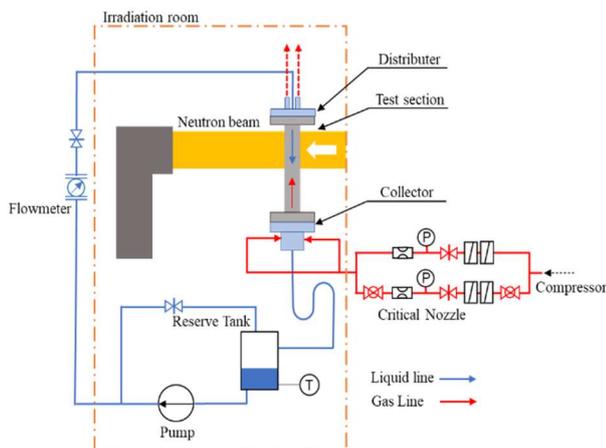


Fig.1 Experimental apparatus.



Type-A (Al)

Type-B (SUS304)

Fig.2 Detail of Structured Packing(750m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

[22036]

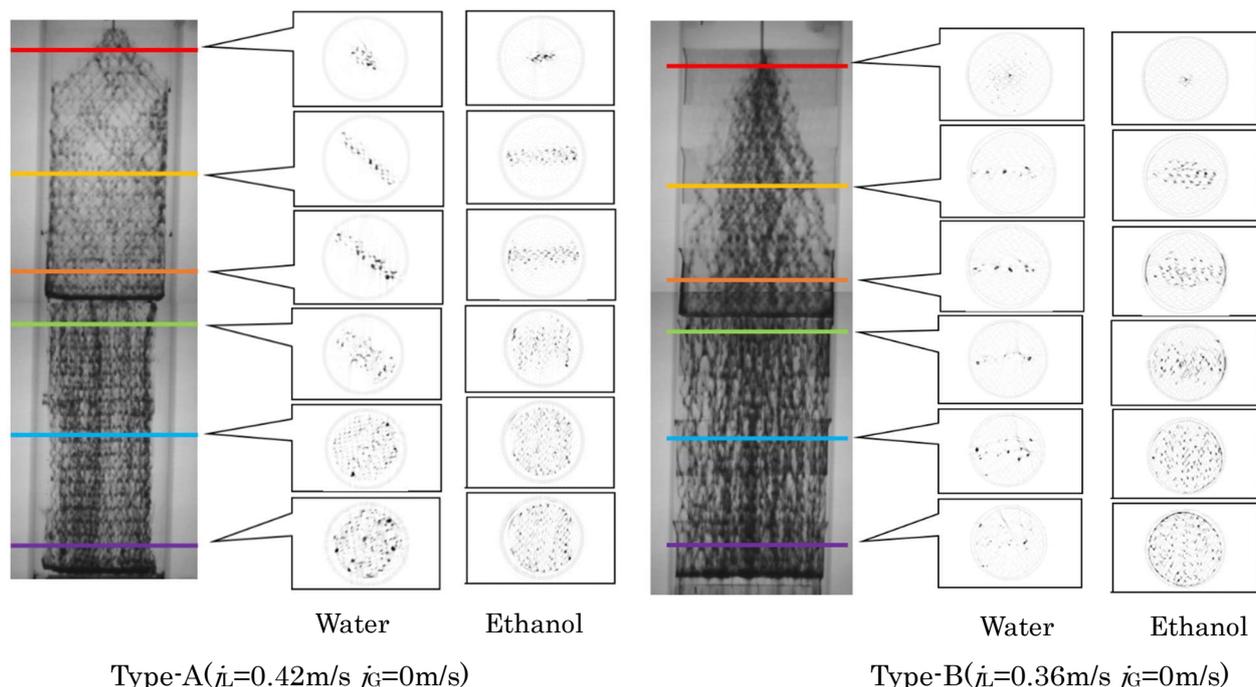


Fig.3 Transparent Image and CT-reconstruction results.

アルミ製円筒容器でできており、内部に2種類の規則充填物(Fig.2)を挿入設置している(以下 Type-A, Type-B と呼称)。充填物はいずれも流下方向に  $45^\circ$  傾斜した形で波板構造(コルゲート)加工されたものに、一定間隔で孔(パーフォレート)加工された薄板を、波板の傾斜方向が交互となるように積層し、カラーでバインドしたものとなっている。なお、Type-A は薄板で構成されており、表面に流下方向に直行する形で微細溝(リブレット)加工されているのに対して、Type-B はメッシュ状の薄板で構成されている点が構造上の大きな違いとなる。装置内部には、これらの規則充填物の積層方向が直交する形で2段積み重ねたものをアルミ製円筒容器内部に挿入している。なお、制作の都合上 Type-A の外筒内径が  $\Phi 100\text{mm}$  であることに対して Type-B は  $\Phi 108\text{mm}$  となっているが、充填物の幾何学的サイズを考えると特に大きな影響はないものと判断している。

実験では所定の液・空気流量で動作させた状態で CT 撮像を行った。CT 撮像では  $0.6^\circ$  刻みで周方向  $180^\circ$  に渡って露光時間 1 秒で撮像したものを、Sheep and Logan Filter を用いて Filter Back Projection により CT 再構成した。なお、撮像には一条件約 20 分程度の時間を要するが、本系では内部流動が充填物で拘束されていることもあり、準定常状態として取り扱って特に問題がないことを、別途動画撮影結果から評価している。

### 3. 実験結果

Fig. 4 に本系で得られた透過可視化画像と CT 再構成画像の一例を示す。ここでは Type-A, Type-B それぞれの結果からエチルアルコールと水を作動流体とし、

装置内を自然流下させた場合の結果を示している。

ここでは可視化に基づく概要のみを述べるが、まず Type-A, Type-B 何れの充填物でも中央部から流下した液は、充填物の積層面平行方向への拡散が顕著であり、幾何学形状に起因したものが主要な因子となっていると考えられる。また、パーフォレートを介した積層面法線方向への拡散は微弱で、コルゲート加工の効果が非常に大きいものと判断される。さらに流体種の差異をみると、充填物積層法線方向への拡散度合いの差として顕著に確認することが出来る。つまり、表面張力が小さくキャピラリー長が短くなるエチルアルコールの方が、より顕著に法線方向への拡散が確認できており、パーフォレート孔の透過浸透能力に差が発生していることが分かる。

透過画像を比較すると、Type-A では流下した液は、コルゲート加工の幾何学形状に起因して  $45^\circ$  方向に拡散していく様相が確認できるのに対して、Type-B ではより狭い角度で拡散していく様相が確認される。特に充填物を構成するメッシュを透過していくものと考えられ、流下する液がひも状のチャネリングを形成していることが分かる。つまり、本実験で用いた流体に対しては Type-B のメッシュ構造は期待された効果がうまく現れていないことが分かる。

### 4. まとめ

本報では、中性子ラジオグラフィを用いた充填塔内部の流下状態に関して概要を紹介した。これらの結果に基づく定量評価は今後順次実施していく予定である[1]。

### 参考文献

- [1] 平賀他, 混相流シンポジウム 2023, OS10101, 2023.