A142 気液二相噴流の発振現象*

一流れの可視化と画像処理による流動解析－

社河内敏彦**、*熊谷宗典***、渡辺昌哉***

Oscillatory Phenomena of Gas-Liquid, Two-Phase Jet

－ (Flow Analysis by Flow Visualization and Image Processing) －

Toshihiko SHAKOUCHI, Munenori KUMAGAI and Masaya WATANABE

ABSTRACT

The mixing, diffusion or absorption of a gas into a liquid is used widely in various kinds of industries. In this study, a small oscillatory jet type gas-liquid reactor is proposed and its oscillatory and flow characteristics are made clear using flow visualization and image processing techniques.

Key words : Oscillatory jet, Gas-liquid jet, Flow visualization, Digital image processing

1. まえがき 気体の液体への混合・拡散・吸収は、工学的に興味深い現象である¹⁾。また、工業分野において多用されているが、これらの効率の改善、あるいは構造のより簡単な小型の装置の開発が望まれている。本研究では、急拡大流路に噴出された気液二相噴流に生起する自励振動を利用した流体の混合・拡散・吸収装置を提案するとともに、その振動特性および流れの可視化とそのPIV(濃度相関法)による流動解析について述べる。

2. 実験装置と方法 ポンプで加圧された貯水槽からの水は流量計を経た後、気泡(平均気泡径： $d_a=2.5\text{mm}$)が混入され、内径 $d=15\text{mm}$ のノズルより鉛直に設置された測定部に至る。測定部は、幅 $B=90\text{mm}$ 、奥行き $H=45\text{mm}$ 、長さ $L=1080\text{mm}$ の亚克力樹脂製である。

Fig.1 に、発振噴流の流動状態(半周期分)を示す。ノズルからの噴流はいずれかの側壁に付着する(Fig.1①の場合、側壁 I)が、その際ノズル出口近傍で低圧の渦領域 A に向かう流れ Q_{B-I} が生じる。その結果、渦領域 A の圧力が増加し、噴流の付着が側壁 I から II へ切り替わる(Fig.1①～④)。この状況が繰り返され、噴流に規則的な発振現象が生起する。気泡およびトレーサ(アルミニウム粉末)により可視化された流れは、デジタルビデオカメラ(パナソニック、NV-DL1、58 万画素、水平画像度：500 本、シャッタースピード：1/60～1/4000)で撮影・記録され流動解析および発振振動数 f の測定に供された。流動解析は、画像処理装置(ライブラリー製、流体画像解析ソフトウェア FLOW-vec 32)を用い、周期的に振動する非定常な流れ場の速度ベクトルを求めることによった。また、測定部入り口の上流側 20mm、および下流側 $L=800\text{mm}$ の位置に設置した圧力孔を用い測定部の圧力損失 Δp を測定した。

* 原稿受付 1998 年 7 月 10 日

** 正会員 三重大学

*** 三重大学大学院

Fig.1 Oscillatory jet

3. 結果と考察 **3.1 発振振動数 f** Fig.2 に、噴流の発振振動数 f を示す。図中、 Re はレイノルズ数 ($=uw d/\nu$; uw : 水のノズル出口平均流速、 ν : 水の動粘度)である。 f は、 Re 数が小さい場合にはボイド率 α にほとんど影響されないが、 Re 数の増加とともに α が増加すると増加する。また、 f は Re 数とともに増加する。**3.2 流動損失 Δp** Fig.3 に、測定部の圧力損失 Δp を示す。 Δp は Re 数が小さい場合には α にほとんど影響されないが、 Re 数の増加とともに α が増加すると増加する。増加率は Re 数とともに増加し $\alpha > 30\%$ で一層増加する。また、 Δp は Re 数とともに増加する。

 Fig.2 $f - \alpha$

 Fig.3 $\Delta p - \alpha$

し噴流の付着が反対側に切り替わる。

4. まとめ 急拡大流路に噴出された気泡噴流に生起する発振現象を利用した構造の簡単な気体の液体への混合・拡散・吸収装置が提案され、その振動および流動特性が流れの可視化、画像処理技術を使って明らかにされた。主な結果は、

 Fig.4 Flow pattern ($Re=15000, \alpha=50\%, f=0.33\text{Hz}$)

3.3 流動特性 Fig.4に、周期 $T=3$ 秒で発振している気泡噴流の半周期分のフローパターンを $1/6$ 周期毎に示す。Fig.4(a)~(c)はそれぞれ、流れの可視化写真(白く見える部分が気泡)、および $x-y$ 面($z=0$), $x-y'$ 面(Fig.1参照)の速度ベクトル図である。Fig.4①が、噴流が最も側壁I側に偏向した状態で、噴流と側壁Iとの間および側壁IIとの間にそれぞれ時計回り、半時計回りの顕著な渦領域(Fig.1の渦領域A, Bに対応)が形成される。また、流路の中心高さ $[z=0, \text{Fig.4①(b)}]$ と端板近傍[Fig.4①(c)]では速度分布、渦中心の位置などが異なり流れが三次元的であることが知れる。Fig.4①~④に、噴流の付着が側壁I側から側壁II側に切り替わる経過が示されているが、Fig.4(c)に、ノズル出口近傍で噴流と端板との間を噴流を横切る流れ(Fig.1中の Q_{II-1})が認められる。前記したように、この流れにより渦領域Aの圧力が上昇

(1) f は、 Re 数が小さい場合にはボイド率 α にほとんど影響されないが、 Re 数の増加とともに α が増加すると増加する。その増加率は、 Re 数とともに増加する。また、 f は Re 数とともに増加する。

(2) Δp は、 Re 数が小さい場合には α にほとんど影響されないが、 Re 数の増加とともに α が増加すると増加する。その増加率は、 Re 数とともに増加し、 $\alpha > 30\%$ で一層増加する。また、 Δp は、 Re 数とともに増加する。

(3) 流れの可視化画像を濃度相関法を使って処理することから、周期的に振動する非定常な流れ場の詳細が明らかにされた。このことは、今後、本装置による気体の液体への混合・拡散・吸収のメカニズムを解明する際に有用な資料になると考えられる。

参考文献 1) Kusabuki, D., et al., Can. J. Chem. Eng. 68, 893-903(1990).