

令和 3 年 4 月 29 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03924

研究課題名(和文) 渦輪による気泡塊の創成と輸送に関する研究

研究課題名(英文) Study on the generation and transport of bubble cluster by a vortex ring

研究代表者

内山 知実 (Uchiyama, Tomomi)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：90193911

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：渦輪による気泡群の生成と輸送に関する研究を実施した。水タンクの底部に設置したシリンダ内の水をピストンで水中に押し出すことにより、渦輪を鉛直上方に射出した。シリンダの出口側面に設置した注射針から空気を渦輪中に注入した。シリンダの直径およびピストンのストロークは、それぞれ42.5 mm および100 mmである。気泡の平均直径は4.3 mmである。渦輪の強度が一定値よりも大きい場合には、注入された気泡が渦核の内部に巻き込まれて気泡群が形成される。この気泡群は、渦輪の移流に伴って渦輪により輸送される。渦輪の移流速度は、巻き込まれた気泡の影響を受けないが、渦輪の半径は気泡により大きくなる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

液体中で気泡の運動を自在に制御できれば、幅広い応用展開が期待される。とくに、気泡を集めて気泡塊を創成し、所望の位置まで輸送できれば、化学反応や伝熱の制御などに活用できる。従来、気泡運動の制御には超音波や旋回流を利用する方法が提案されているが、気泡の直径に制約があり、また輸送には不向きであった。本研究では、シリンダから水中に水を噴出させてリング状の渦すなわち渦輪を射出し、渦輪は気泡塊の創成と輸送、すなわち気泡塊のハンドリングを可能にできることを示した。

研究成果の概要(英文)：A study searching for the generation and transport of a bubble cluster by a vortex ring is carried out. A vortex ring is launched vertically upward into a water tank by discharging the water from a cylinder mounted at the bottom of the tank with a piston. Air bubbles are injected into the vortex ring from a needle attached to the cylinder outlet. The cylinder inner diameter and the piston stroke are 42.5 mm and 100 mm, respectively. The mean diameter of the bubbles is 3.4 mm. When the strength of the vortex ring is large than a critical value, the bubbles are entrained in the vortex core and form a cluster. The entrained bubbles are successfully transported by the convection of the vortex ring. The convection velocity of the vortex ring is scarcely affected by the entrained bubbles, but the radius is enlarged slightly.

研究分野：流体工学

キーワード：気液二相流 渦輪

1. 研究開始当初の背景

液体中で気泡の運動を自在に制御できれば、幅広い応用展開が期待される。とくに、気泡を集めて気泡塊を創成し、所望の位置まで輸送できれば、化学反応や伝熱の制御などに活用できる。従来、気泡運動の制御には超音波や旋回流を利用する方法が提案されているが、気泡の直径に制約があり、また輸送には不向きである。一方、シリンダから水中に水が瞬間的に噴出するとリング状の渦すなわち渦輪が発生する。気泡は渦度の高い領域に集中する傾向があるため、渦輪は気泡塊の創成と輸送、すなわち気泡塊のハンドリングを可能にするものと考えられる。これが本研究の着想にいたった経緯である。

2. 研究の目的

本研究の最終目的は、渦輪を用いた気泡塊のハンドリング技術を開発することであり、以下の3項目に要約される。

- (1) 渦輪の射出時の渦運動による気泡塊の創成条件の同定
- (2) 渦輪の射出後の併進運動による気泡塊の輸送条件の同定

3. 研究の方法

実験装置の概略を図1に示す。透明アクリル製のタンクの底面中央にシリンダとピストンからなる渦輪発射装置が設置されている。シリンダ内の水をピストンにより押出すことにより、渦輪がタンク内に射出され、鉛直上方に自己誘起速度で移流する。押し上げは、ACサーボモータに接続したスライダによる。押し上げストローク L_0 は 100 mm、シリンダの内径 D_0 は 42.5 mm である。シリンダ出口の外側面には、気泡を水中に注入するための細管 (内径 0.26 mm) が接着されている。この気泡注入管はシリンダに接続されている。プランジャの押し上げにより、シリンダ内の空気が注入管に送られ、気泡がタンク内に注入される。この押し上げにも上記のスライダが用いられる。

ピストンの速度 U_0 の時間変化を図2に示す。ここで、 t^* は無次元時間 ($= t(g/D_0)^{1/2}$) であり、 ν は水の動粘度である。速度の履歴は台形であり、ピストンが一定速度で押し上げられる時間が確保されている。また、細管から供給される空気の流量 Q_g は、 $Q_g/(L_0 D_0^2) = 0.55 \times 10^{-3}$ である。気泡直径は、3.2 mm であった。

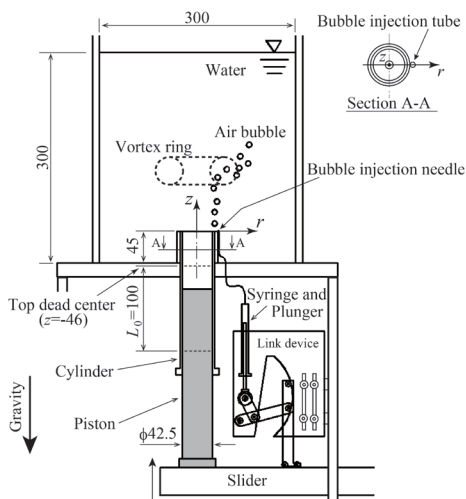


図1 実験装置の概略

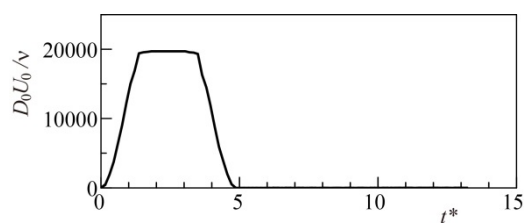


図2 ピストン押し上げ速度の時間変化

4. 研究成果

まず、渦輪のみを水中に射出したときの鉛直中央断面内の水の速度分布を測定した。渦輪変位に対するアンサンブル平均値を計算した。図3は、渦核周りの分布を示す。渦核はほぼ円形であり、分布は渦輪変位にほとんど依存しない。移流に伴う渦輪強度の変化は、極めて小さいものと推察される。

図4は、渦輪と気泡の可視化結果を示す。6つの無次元時間における結果であり、渦核断面は水性塗料で可視化してある。 $t^* \leq 5.19$ の画像から判るように、注入されたすべての気泡が渦核に巻き込まれる。渦輪強度が気泡を巻き込むほどに高い。 $t^* = 10$ では、渦核中心から離れた気泡が渦核から上方に離脱する。その後は、渦輪の上昇につれて離脱する気泡は見られない。気泡塊の創成と輸送に成功している。

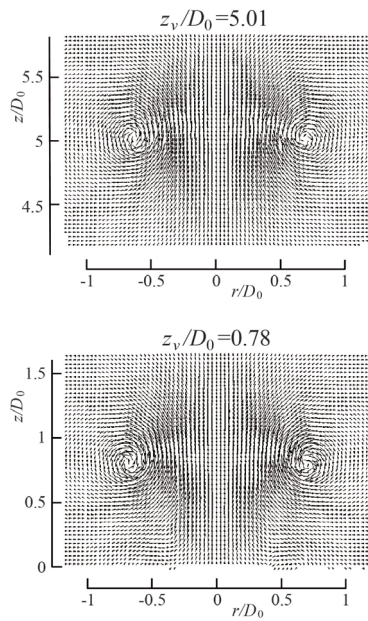


図3 渦核断面の水の速度分布

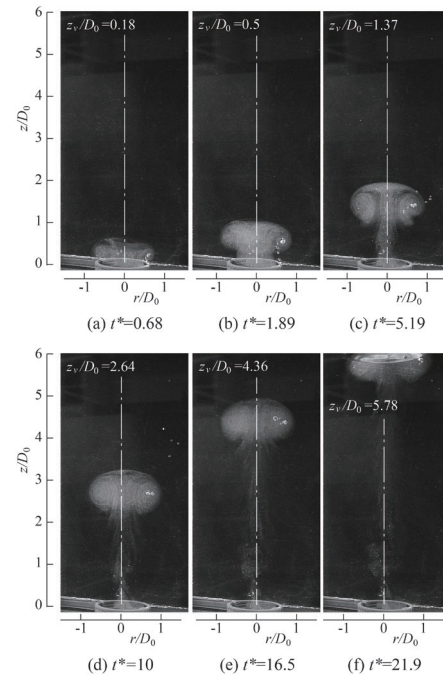


図4 渦輪と気泡の可視化結果

渦核内部に存在する気泡の個数 n を測定し、渦輪変位 z_v に対する変化を示すと図5のようになる。ただし、注入されたすべての気泡の個数 n_0 に対する比 n/n_0 が示してある。注入された気泡の約80%が渦輪に巻き込まれ、シリンダ直径 D_0 の5倍以上の距離を輸送されている。気泡塊の創成と輸送が効率よく行われている。

図6は、渦輪変位 z_v の時間変化を示す。ただし、気泡がない静止水中に射出された渦輪の結果と比較してある。変位に及ぼす気泡の影響はほとんど見られない。変位は強度と密接に関連することから、気泡塊の創成と輸送に伴う渦輪強度の減衰はないことが判る。

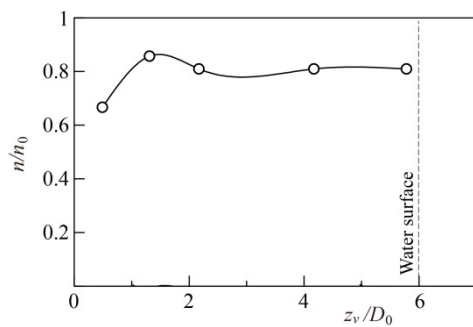


図5 渦核内の気泡の個数の変化

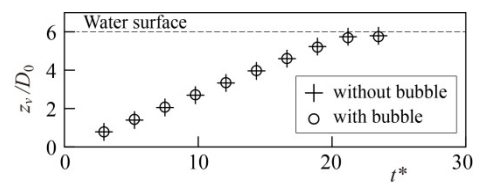


図6 渦輪変位に及ぼす気泡の影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	出川 智啓 (Degawa Tomohiro) (80402551)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・助教 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関