

## J03

## 単一および合一気泡周辺の2次元非定常流れ

(同志社大工) (学)池川 義紀 (同志社大院工) (学)四方 和也  
(同志社大理工) (正)森 康維 (正)土屋 活美\*

**緒言** 気液固3相流動化システムは、化学的単位操作や生物学的操作などで広く使われている<sup>1)</sup>。この混相システムでは、気泡という形で導入される気相が、液相、固相と密接に影響し合い、固体粒子は気泡後方にできるウェーク渦やシステム全体の液流によって攪拌される。特に気液間の相互作用は強い混合効果を生み出し、物質移動の促進につながる。また、気泡合一は先行気泡直下の負圧領域に後続気泡が吸い込まれることによって起こる。気泡合一過程は、気泡の大きさ(気液接触比界面積)が変化するため気液間の物質移動に影響する。本研究では、物質移動に関する気泡合一およびウェーク混合状態について数値シミュレーションを通じて解析した。

**解析方法** 解析領域は $130 \times 100 \text{ mm}^2$ の長方形とした。気泡(相当)径 $d_e = 10 \text{ mm}$ 、アスペクト比 $h/b = 0.8$ 、傾斜角 $\theta = 10^\circ$ の楕円気泡を初期配置し、領域内に気泡を定置させるため、領域上部より $180 \text{ mm/s}$ の速度で液を流入させ領域底部より流出させた。合一過程においては液粘度の影響を解析するため、粘度を変化させて $Re_e = 10, 50, 100$ とした。単一気泡に対しては $Re_e = 100$ で一定とし、トレーサとして $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$ 、 $d_p = 1 \mu\text{m}$ の粒子を解析領域上部から注入し、ウェーク内混合状態を評価した。解析には汎用CFDソフトFLUENT 6.3<sup>®</sup>のVOF法(気液界面の動的挙動を予測する手法)、およびDPM法(個々の粒子を追跡する手法)を用いた。

**結果および考察** 気泡合一過程の結果をFig. 1に示す。 $Re_e = 10$ の場合、先行気泡の渦放出はなく、後続気泡は初期に先行気泡の真下に移動してから上昇し合一した。それに比べ $Re_e = 50, 100$ では先行気泡の渦放出の影響を強く受け、後続気泡もzigzag運動をしながら上昇し合一した。また後続気泡は、先行気泡が発した動圧の低い領域をたどっていくことがわかる。次にFig. 2に単一気泡周辺の流れ場を示す。Fig. 2(b)では、解析領域下部になるにつれて粒子の滞留時間は長くなっていくはずだが、気泡直下領域に滞留時間の長い粒子が集まっていることが確認できる。また気泡のzigzag運動において、運動の軸に対して振動変位が最大の時にウェーク渦に進入した粒子は、放出された渦にトラップされ、渦巻きながら領域下部へ放出されていく(Fig. 3(a))。一方、振動変位が最小の時に進入した粒子は、ウェーク渦によって引き伸ばされて広い範囲に亘ってトラップされていることがわかる(Fig. 3(b))。またFig. 3のどちらの場合においても、トレーサ粒子群は気泡エッジに生成される強い負圧によって折りたたまれてから下部へ放出されていくことがわかる。

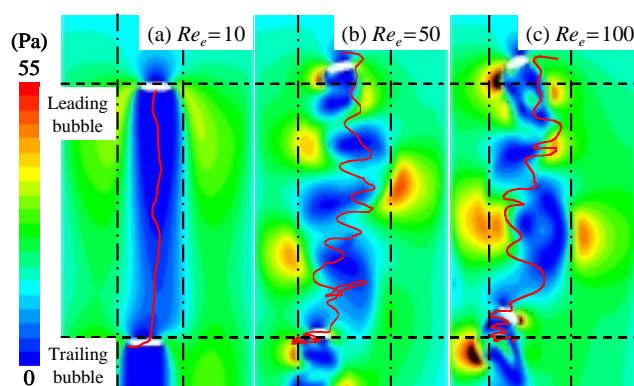


Fig.1 Contour of dynamic pressure around rising pair of bubbles and trajectory of trailing bubble.

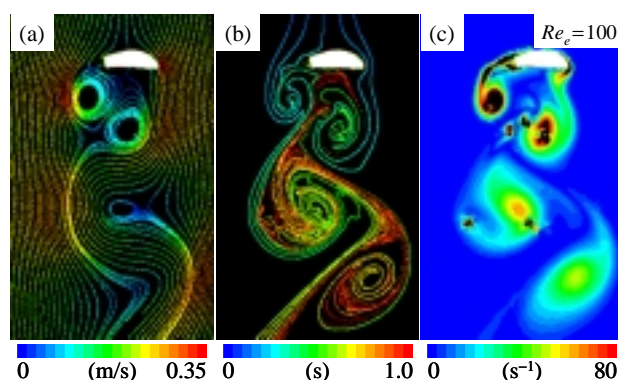


Fig.2 (a) Streamlines colored by velocity magnitude; (b) streaklines colored by particle residence time; (c) contour of vorticity magnitude around rising bubble.

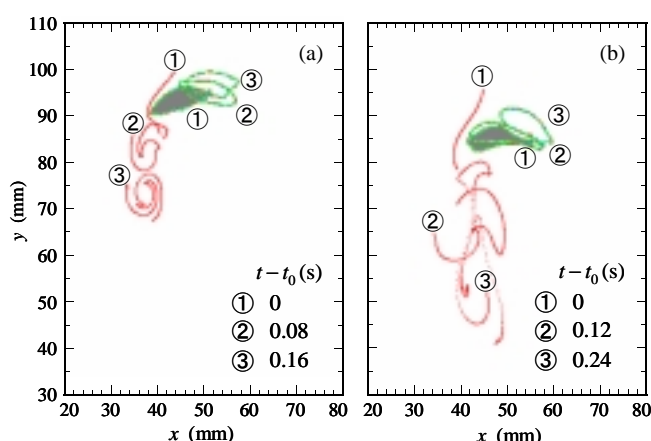


Fig.3 Streakline segments at different times for  $Re_e = 100$ .

## 参考文献

1) Zhang, J., Li, Y., and Fan, L.-S., *Powder Technol.*, **113**, 310–326 (2000).

E-mail: ktsuchi@mail.doshisha.ac.jp