

F201

静止流体中を上昇する単一気泡の溶解現象について

(鹿大工) ○ (学) 小田原 雄己・(正) 水田 敬*

1. 緒言

気液二相系の物質移動現象は工業プロセスや自然環境など様々な場面で起こっており、その局所物質移動特性を定量化することは装置設計並びに現象理解のために大変重要である。¹⁻³⁾

これまで本研究室では、光学的性質が不均一な非定常な場に対して適用可能な二色LIF法を開発してきた。デジタルマイクロスコップシステムを用いた二色LIF法とPIV(Particle Image Velocimetry)との同時計測により、静止した単一SO₂気泡が静止流体中に溶解していく過程における気泡周囲のpHと速度分布を測定した結果、SO₂気泡からのガス溶解特性は気泡周囲の流体速度および濃度分布の影響を強く受けることが分かった。²⁾さらに、ハイスピードカメラを用いたシステムに対して本手法を適用したところ、局所的な密度変化によって生じる干渉縞などのpH分布とは無関係に生じる明度変化の影響は本手法により求めたpH分布には認められず、光学的性質が不均一な場に対して適用可能であることが分かった。⁴⁾

そこで本研究では、本研究室で開発した二色LIF法を用いて、CO₂気泡の溶解に伴う周囲のpH変化を測定することを目的とし、その基礎的段階として、本手法の混相系への適用性について検証を行った。

2. 実験方法及び実験装置

光学系にはハイスピードカメラ(カメラ本体, Nobby Tech 製, Phantom V7.3, レンズ, NIKON 製, Ai Nikkor 50 mm f/1.2)を用い、可視化にはAr-ionレーザー(日本レーザー, Stellar-PRO-L, ピーク波長:457, 488, 514 nm)を使用した。蛍光物質は、pHに対して感度を有するHPTS(緑)とほとんど感度を持たないローダミンB(赤)を用いた。⁴⁾ 本実験で用いた可視化水槽の概略図をFig. 1に示す。水槽底部中央にノズルを設け、気体を注入することにより気泡を生成した。なお、可視化領域をFig. 1内に赤枠で示す。

3. 実験結果及び考察

Fig. 2に本実験におけるpH同定精度を示す。横軸にpHメーター(堀場製作所製, F-52)による測定値を、縦軸に本手法により求めた測定値を示し、エラーバーは本手法による測定値の面内での標準偏差を示す。図より、低pH側、高pHで平均誤差、標準偏差ともに増加傾向を示しているものの、pH=7-8.5においては比較的精度よく同定できることがわかった。なお、pH=5-10における本手法によるpH同定値の平均誤差は3.54%、標準偏差は 2.37×10^{-1} pHUnitであることがわかった。

そこで実際に本手法の混相系への適用性について検討するため、空気気泡上昇過程に対して本手法を適用し

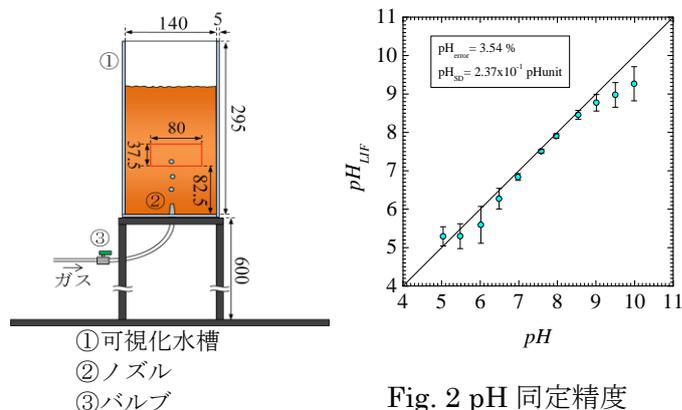


Fig. 1 可視化実験装置概略図 (framerate:750 fps)



Fig. 3 可視化実験結果

(気泡発生から約 3.5 s 後, 左:原画像, 右:pH 分布)
気泡表面からの反射や影の影響がpH同定結果にどのような影響を及ぼすのかについて調べた。実験としては、可視化水槽底部のノズルからpH=9.98の静止流体中に約直径8-11 mmの空気気泡を連続的に発生させ、発生した空気気泡がレーザーシート上を通過する様子をハイスピードカメラにより撮影し、得られた画像に用いて本手法によりpH値を算出した。その結果の一例をFig. 3に示す。左が原画像、右が本手法により同定したpH分布であり、pH分布中の赤色が低pH、青色が高pHを示している。原画像より、空気気泡が上昇しながら変形を繰り返し、レーザー光を気泡表面で反射しながら上昇していく様子が確認され、レーザー光の透過側には気泡の影が暗く映し出されていた。このことから、上昇気泡周囲にはpH変化とは無関係に光の反射や影により明度変化が生じていることがわかった。一方、算出されたpH分布においては、影による影響で透過側に偽pH分布の発生が認められたが、気泡表面からの反射による影響は確認されなかった。これより、本手法は気泡表面からの反射の影響を低減可能であることから、レーザーの照射方法を工夫し影の影響を低減させることで、上昇するCO₂気泡の溶解に伴う周囲のpH変化を測定可能であることが示唆された。

参考文献: 1) K. Mizuta et al, *Proc. of 12th International Symposium on Flow Visualization*, Germany, 10-14(2006) 2) K. Mizuta et al; *J. Chem. Eng. Japan*, **41**, 553-556 (2008) 3) Takagaki N, Komori S; *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-OCEANS*, **112**, C06006 (2007) 4) Y. Odahara, K. Mizuta; *The Society of Chemical Engineers, Japan The 41th Autumn Meeting*, E121(2009)

*E-mail: kmizuta@cen.kagoshima-u.co.jp
Tel/Fax: 099-285-3061