

ultrafineGALF 技術を用いた高密度ウルトラファインバブルの生成と

定量測定における希釈処理の影響

The effect of dilution on the quantitative measurement of bubbles
in high-density ultrafine bubble water generated by ultrafineGALF

○井田 勝久 (IDEC) , 小林 秀彰 (IDEC) , 前田 重雄 (IDEC) , 柏 雅一 (IDEC) ,

西原 一寛 (IDEC) , 藤田 俊弘 (IDEC)

○ IDA Katsuhisa, KOBAYASHI Hideaki, MAEDA Shigeo, KASHIWA Masakazu, NISHIHARA Ikkan, FUJITA Toshihiro

Abstract In connection with the density growth of a ultrafine bubble, number density is over the maximum of the measuring range of a measuring device(NanoSight). Although number density has been measured by performing dilution processing to the former, the influence which dilution processing has about a different bubble from a solid particulate is not investigated. For this reason, when measuring the number density of a high-density ultrafine bubble, it investigated about the influence of the dilution processing which becomes indispensable.

Keywords: Ultrafine bubble, ultrafineGALF, Particle tracking analysis, High-density, Dilution

1. 緒言

GALF (Gas Liquid Form) 方式は、管路断面積の増減作用により微細気泡を生成させる独自の方式で、加圧溶解法の一つに分類される[1]。当社は 2011 年に気泡径が $1\ \mu\text{m}$ 以下のウルトラファインバブル (Ultrafine bubble: UFB) を高密度・安定的に生成可能な ultrafineGALF を開発した[2]。

UFB は植物栽培、土壌浄化、食品への香り付与、半導体製造、太陽電池製造などの幅広い分野で効果をもたらすことが予測され、今後これらの分野での応用研究が期待されている[3][4]。

UFB の数密度や粒径分布の測定には粒子トラッキング解析法を用いた計測器を主に使用している。これまで ultrafineGALF により、 $1\ \text{mL}$ あたり 1×10^8 個以上の UFB が生成されることを確認している[5]。

その後生成装置の構造設計を最適化することにより、UFB の高密度化が実現してきている。昨今では数密度の計測範囲の上限 (1×10^9 個/mL) を超える UFB を生成することが可能になった。本研究では高密度の UFB の数密度を計測する際に必須となる希釈の影響について調べた。

2. 試験方法

UFB の生成には ultrafineGALF (IDEC 製) を使用した。ultrafineGALF は Fig. 1 に示すような構成である。圧送されてくる液体に対し、ベンチュリー管状の流路を狭めた部分で流速をあげることで静圧を下げ、気体の負圧吸引を行う。液体と吸引された気体は気液混相状態となった後、再び管路を広げることで流速を落とし、静圧を上げることで加圧溶解を行う。最後に、急激に大気圧下に吐出させることで液体は過飽和状態になるため、大量かつ微細な気泡が発生する。

サンプル作製は Fig. 2 に示すような手順で行った。UFB 生成の原料水としては、バックグラウンドとして検出される粒子数をできるだけ少なくするため超純水 (Milli-Q 水) を用いた。バブルを生成するためのガスとしては窒素 (99.999%) を用いて 10×10^8 個/mL の数密度の UFB を生成した。生成した UFB 水を超純水 (Milli-Q 水) で 2 倍、4 倍、10 倍に希釈することで 5×10^8 個/mL, 2.5×10^8 個/mL,

1×10^8 個/mL の密度に調整した。また、ultrafineGALF の生成条件を調整して 5×10^8 個/mL, 2.5×10^8 個/mL, 1×10^8 個/mL の数密度の UFB 水を生成した。希釈と希釈無しで 3 種類の密度に調整した UFB 水の 6 サンプルを 4°C の一定温度で保存し、粒子トラッキング解析法の NS500 (NanoSight 製) を使用して定期的に UFB の数密度および直径を測定することにより UFB の経時変化を観察した。

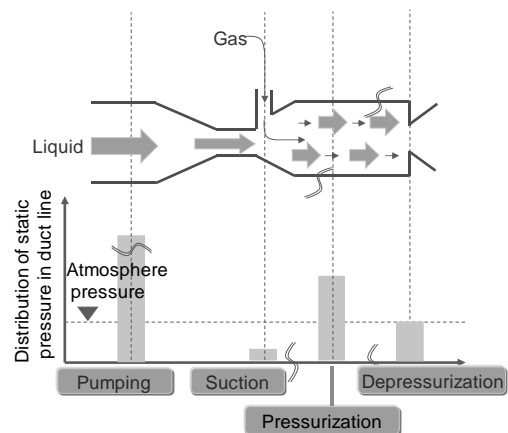


Fig.1 Schematic diagram of ultrafineGALF system

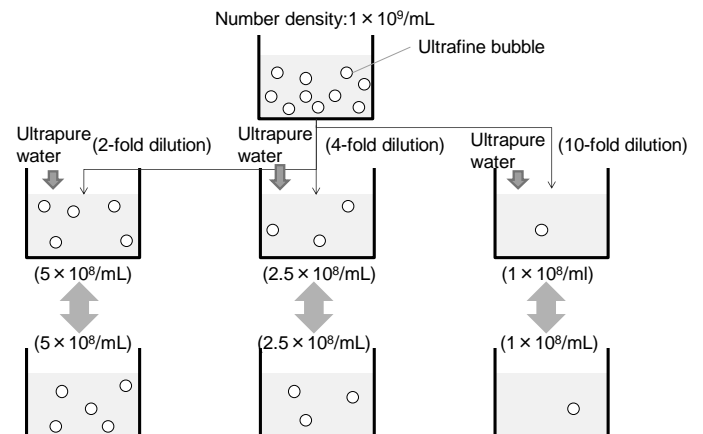


Fig. 2 Preparation of UFB water with and without dilution

3. 試験結果および考察

2倍希釈により 5×10^8 個/mL の数密度に調整したサンプルと希釈無しに生成した 5×10^8 個/mL の数密度の UFB 水の生成後の日数と密度の関係を Fig. 2 に示す。さらに、4倍および10倍希釈により各 2.5×10^8 個/mL, 1×10^8 個/mL の密度に調整したサンプルと希釈無しに製造した 2.5×10^8 個/mL, 1×10^8 個/mL の密度の UFB 水の生成後の日数と密度との関係を Fig.3, Fig.4 に示す。

Fig. 2-4 から、生成後の経過日数とともに UFB 数密度の減少がみられるが、いずれの数密度のサンプルにおいても希釈の有無に関わらず同じ傾向を示すことがわかった。高密度 UFB 水の計測には希釈処理が有効であるといえる。

Table 1 は条件を調整し生成した異なる数密度の UFB 水の計測結果を示している。(a)および(b)の UFB 水は、計測範囲の上限 (1×10^9 個/mL) 以下であり、希釈無しで 1×10^8 個/mL および 10×10^8 個/mL と計測された。(c)および(d)の高密度 UFB 水は上限を超えたので、希釈して計測を行った。Table 1 に示す通り、(c)は10倍希釈により 3×10^8 個/mL と計測されたため実際の数密度は 30×10^8 個/mL、(d)は20倍希釈により 5×10^8 個/mL と計測されたため実際は 100×10^8 個/mL と算出できる。

4. 結言

高密度の UFB を計測する際に必須となる希釈の影響を調べた結果、3種類の異なる密度のサンプルにおいて、UFB 密度の経時変化の傾向は異なるが、希釈の有無による違いは観察されなかった。高密度 UFB 水の計測には希釈処理が有効であると考えられる。

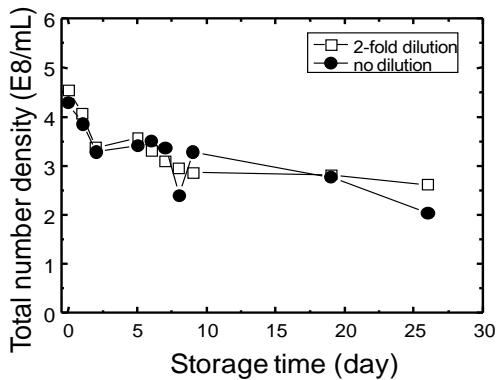


Fig. 2 Time-dependence of number density of ultrafine bubble (5×10^8 bubbles/mL)

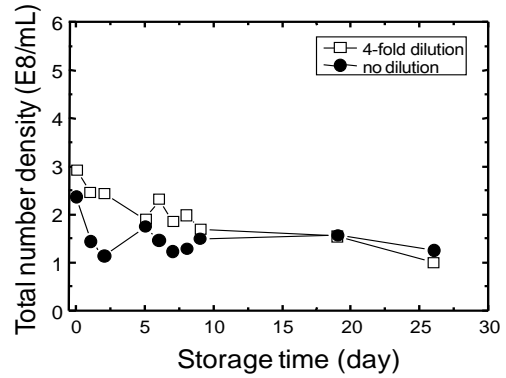


Fig. 3 Time-dependence of number density of UFB (2.5×10^8 bubbles/mL)

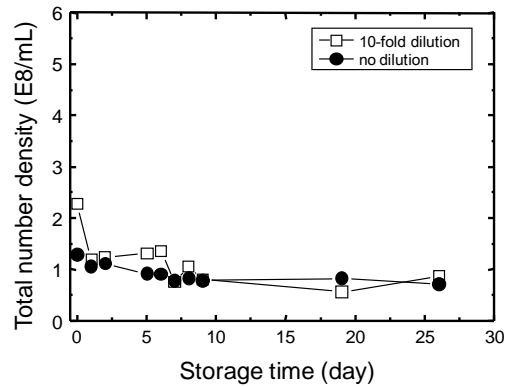


Fig. 4 Time-dependence of number density of ultrafine bubble (1×10^8 bubbles/mL)

参考文献

- [1] 柏雅一ほか, 日本機械学会関西支部定時総会講演会講演論文集, Vol. 974-1, 4.9-4.10 (1997).
- [2] 柏雅一ほか, 日本混相流学会年会講演会 2011 講演論文集, pp. 428-429 (2011).
- [3] 柏雅一ほか, 日本混相流学会年会講演会 2012 講演論文集, pp. 180-181 (2012).
- [4] 阿波加和孝ほか, 日本混相流学会年会講演会 2012 講演論文集, pp. 182-183 (2012).
- [5] 前田重雄ほか, 日本混相流学会年会講演会 2011 講演論文集, pp. 430-431 (2011).

Table 1 Bubble number densities in high-density ultrafine bubble water with and without dilution

	(a)	(b)	(c)	(d)
Dilution magnification	No dilution	No dilution	10	20
Image of undiluted ultrafine bubble water				
Actual number densities	1×10^8 /mL	10×10^8 /mL	30×10^8 /mL	100×10^8 /mL
Image of diluted ultrafine bubble water	/			
Measured number densities of diluted ultrafine bubble water			3×10^8 /mL	5×10^8 /mL