

旋回流型マイクロバブル生成ジェット装置の特性と衝突圧力の可視化

Visualization of Characteristic and Impingement Pressure of the Swirling Flow Type Microbubble Generation Jet Device

加藤 克紀(大生工業), 奥津 俊哉 (大生工業), 青木 克巳(大生工業)

KATO Katsumori, OKUTSU Toshiya, AOKI Katsumi

Abstract In this study, the characteristics of the swirling flow type micro-bubble generating jet device has been developed for the purpose of cleaning of oil stains such as industrial products was demonstrated. Further, the impingement pressure of the micro-bubble jet was visualized. From these results, the bubble size distribution for the flow ratio of the microbubbles, chlorine concentration, pH distribution, etc. were shown. Moreover, the cleaning effect for various materials and oil stains with these properties have been examined. In addition, the impingement pressure of the micro-bubble jet than impingement pressure of the water jet was a pressure value of about 1000-2500 times from visualization results

Keywords: Microbubble, Impingement pressure, Swirling flow type generation jet, Visualization

1. 緒言

近年、マイクロ・ナノバブルが誘起する様々な物理化学的特性に着目し水処理、洗浄、殺菌、食品工業など種々の分野での応用が期待されている[1]。微細気泡はそれぞれのバブル生成法によりバブル粒径も異なり、また、物理化学的特性も異なる[2]。これまでマイクロバブルによる洗浄に関しては種々報告されており油が除去されるメカニズムも高速顕微ビデオカメラにより観察されている[3]。本研究の目的はマイクロ・ナノバブルによる溶剤レスの洗浄装置を開発することである。その第一歩として油脂等の洗浄を目的として、これまでの技術を構築し[4]、水噴射旋回流型のマイクロバブル生成ジェット装置を開発した。この装置の特徴は強い旋回流によりマイクロ・ナノバブルの生成と強い旋回流バブルジェットが得られる。また、このマイクロバブルジェットを洗浄物体に衝突させることにより表面に高い衝突圧力が生じ油膜剥離を増長させ洗浄効果を増すものとする。本報ではこの装置の特性とマイクロバブルジェットが洗浄物体に衝突したときの洗浄物体表面の衝突圧力を感圧紙法[5]により可視化し明らかにした。また、マイクロバブルジェットの経過時間に対する溶存酸素率、バブルの粒径分布、残留塩素濃度、pH等の特性を示し、これらの特性に対して、種々の洗浄材に、種々の油脂を塗布し、洗浄実験を行ったので報告する。

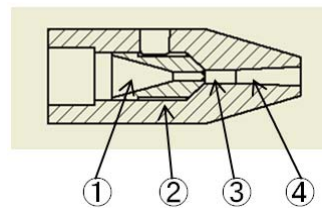
2. 実験装置および方法

2.1 旋回流型マイクロバブル生成ジェット装置

Fig.1 に装置本体の構造の概要を示す。装置は①駆動ノズル、②気体吸引室、③加圧混合室、④エネルギー変換部からなる。圧力水を噴射するとノズル周囲から旋回しながら気体は外部より吸引室に誘引され、旋回しながら混合部で強いせん断力と加圧混合により気体を微塵化し、マイクロバブルが生成され、マイクロバブルジェットエネルギーを漸次圧力エネルギーに変換し強い噴流となる。Fig.2 は装置全体の概要である。

2.2 衝突圧力の可視化[5] 衝突圧力の測定には感圧紙(PRESCALE, 富士フイルム製)を用いてFig.2のような圧力測定板(直径200mm, 厚さ10mmの円盤)に固定し、水槽内において装置出口を原点として、それより下流に

- ① Driving nozzle
- ② Gas suck room
- ③ Pressurizing mixture room
- ④ Energy conversion part



Phot. Test model

Fig.1 Schematic diagram of the swirling flow type microbubble generation Jet Device

- ① Pump
- ② Electromagnetic flowmeter[Qj: driving low of nozzle]
- ③ Pressure gauge[Pj:driving Pressure]
- ④ Vacuum gauge[Ps:suction pressure]
- ⑤ Flow meter(Qs: suction flow of air)
- ⑥ Test model
- ⑦ Impingement pressure board
- ⑧ Water tank I (500×500×900mm)
- ⑨ Water tank II (600×400×840 mm)

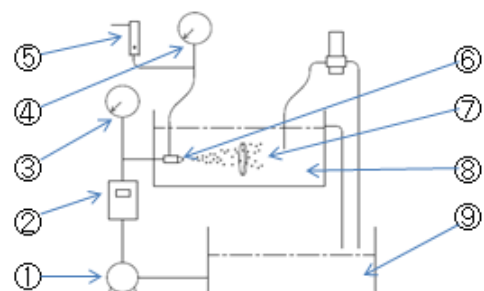


Fig.2 Schematic of experimental apparatus

50,100,150mmの位置において30分間の衝突圧力の最大圧力平均値を測定した。尚、データは測定後30分以内に処理した測定値である。

2.3 マイクロバブルの特性値の測定使用機器

- ①-1, 粒径分布微粒子計測器(HIAC)
- 2, PARTICLEMATRIX (Electrophoresis&Brownian Motion Video Analysis Laser Scattering Microscopy)
- ② 溶存酸素 : DO-5509 (マザーツール)
- ③ 残留塩素濃度: EW-521 (TANITA)
- ④ pH 測定: EW-521 (TANITA)

3. 実験結果および考察

3.1 マイクロバブルの特性 Fig.3 は実験中のノズルより下流 200mm の位置において取水したときのバブル粒径分布(a)に対し, (b)は実験中に取水し 24 時間経過後に測定した粒径分布である. (a)は 18 μ m で 20 Particles/mL, (b)は粒径 0.1 μ m で 0.4 $\times 10^6$ Particles/mL である. この装置は 2 種の特異な粒径分布を生成することがわかった. Fig.4 は実験に水道水を使用したときの水槽内の経過時間に対する溶存酸素の変化である. 水道水のみでの溶存率が 80% 程度であり, 約 24% のマイクロバブルジェットを水槽内に噴出後 9 分で 90% に達し, その後 100% 以上まで増加する. Fig.5 は水槽 270L 中の経過時間に対する残留塩素濃度と pH の変化を示している. 水槽内の水道水は, そのまま静置した状態では 24 時間後でも塩素濃度は変わらないが, バブルジェットの噴出を行うと $Q_s/Q_j=0.05$ において 2 時間程度で塩素濃度は 0 になった. Fig.6 はマイクロバブルジェットの流動状況とノズルから下流の位置 (x=50, 100, 150mm) に衝突板を設置したときの衝突板表面の圧力を可視化により表示した. 水のみでの表面圧力はほぼゼロ値に近く, これに対しバブルジェットでは高圧な特徴有る圧力分布が得られている.

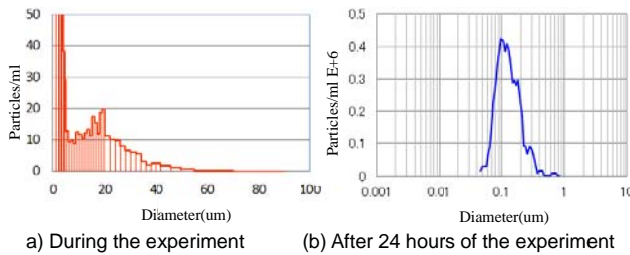


Fig.3 Particles for diameter of babbler ($P_j=0.2$ MPa, $Q_s/Q_j = 0.10$ (a) , 0.05(b))

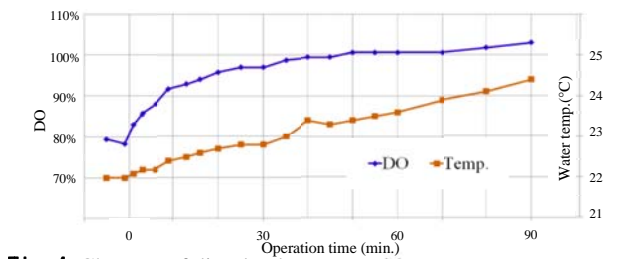


Fig.4 Changes of dissolved oxygen with respect to the elapsed time ($P = 0.2$ MPa, $Q_s / Q_j = 0.24$)

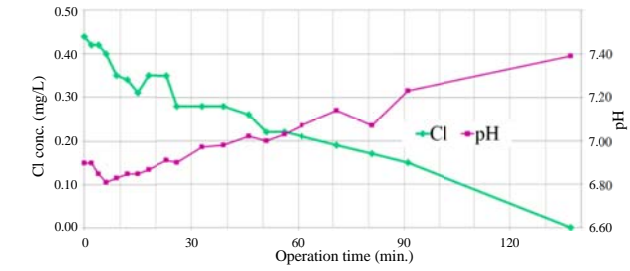


Fig.5 Changes in residual chlorine concentration and PH with respect to the elapsed time ($P = 0.2$ MPa, $Q_s / Q_j = 0.05$)

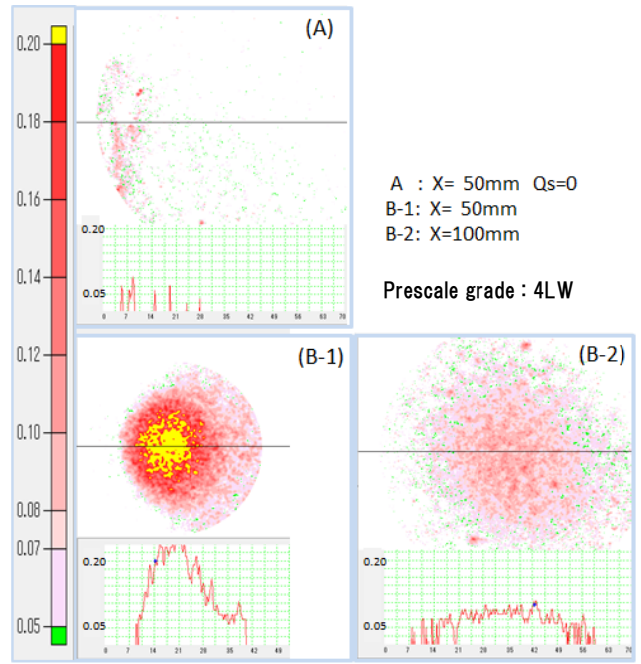


Fig.6 Flow of micro-bubble jet and Visualization of impingement pressure distribution for each distance from the nozzle ($P_j=0.2$ MPa, $Q_s/Q_j=0.3$)

Table.1 Cleaning effect for the cleaning material

cooking oil		
	Q_s/Q_j	%
SUS plate	30%	97
	0%	89
Al plate	30%	96
	0%	95
Glass plate	30%	97
	0%	74

Hydraulic oil		
	Q_s/Q_j	%
SUS plate	30%	99
Cu plate		95
Glass plate		99

Cleaning conditions: $P_j = 0.2$ MPa, $Q_j = 10$ L / min,
 Target oil: hydraulic oil MIL-5606H, cooking oil
 coating amount: 0.2mL,

4. 結言

- ① 本装置のバブル粒径分布は 0.1 μ m で 0.4 $\times 10^6$ Particles/mL, と 18 μ m で 20 Particles/mL の分布領域が存在する.
- ② 本装置の特性により短時間で残留塩素濃度がゼロになる.
- ③ マイクロバブルジェットによる洗浄物体表面の衝突圧力を可視化にて明らかにした. また, バブルジェットの圧力は水噴射の圧力の約 1000-2500 倍であった. このことは洗浄効果的にも優位に働いていると考える.
- ④ 本装置は種々の油脂洗浄に効果的である.

参考文献

- [1] 高橋正好, 微細気泡の最新技術, エヌ・ティー・エス (2006)
- [2] TAKAHASHI, M., Food Technology Forum (JSAM 2006 symposium), p24-31 (2006)
- [3] 宮本誠ら, マイクロ・ナノ熱流体ハンドブック, エヌ・ティー・エス, p340-347(2005)
- [4] 青木, 興津, 水中噴射時における気泡生成と発振現象, 東海大学紀要工学部, 1969-1, 65-74(1969-1)
- [5] 流れの可視化学会編, 新版可視化ハンドブック, 朝倉書店 p 128-130,(1986)