

旋回流方式により発生したマイクロ・ナノバブルとその応用

Micro-Nano Bubble Generated by Swirling Flow Method and its Application

辻 秀泰 ((株)協和機設) 栗延 俊太郎 (福山大)

TSUJI Hideyasu, KURINOBU Shuntaro

Abstract Micro-nano bubble generators using a swirling flow method were manufactured. The water containing micro-nano bubbles was used for water treatment in a fish farm. The fish in the water containing micro-nano bubbles were bigger than the water without micro-nano bubbles. In addition, the removal of grease using water containing micro-nano bubbles was investigated experimentally. The deionized water or sodium bicarbonate water containing micro-nano bubbles having a diameter of about $8\mu\text{m}$ or less was used. The water containing micro-nano bubbles containing was effective to remove grease on a silicon wafer. Sodium bicarbonate water containing micro-nano bubbles removed almost all grease on a silicon wafer within 10 min.

Keywords: Micro-nano bubble, Fish farm, Grease, Sodium bicarbonate

1. まえがき

マイクロ・ナノバブルは多方面での応用が期待され、特に環境改善などで、顕著な効果があることが報告されている[1]。旋回流方式のマイクロ・ナノバブル発生機、バグィタスを製造し、マイクロ・ナノバブル発生機を用いて様々な実験を行った。発生機を用いて行った実験の中で、養殖場におけるニジマスの育成実験や油脂の洗浄などについて報告する。

2. 実験装置および実験方法

マイクロ・ナノバブル発生機は Fig. 1 に示すような構造である。本実験で使用した装置は、旋回流式発生装置をポンプの後と吹き出し口にそれぞれ設置しており、2個の

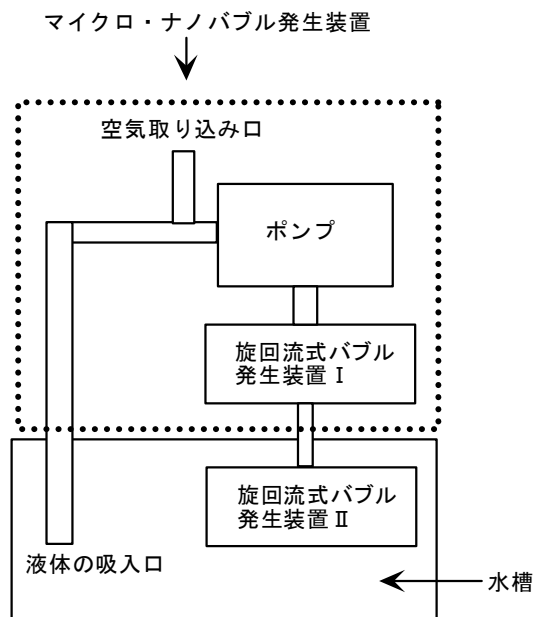


Fig. 1 Schematic view of experimental apparatus

旋回流式発生装置は構造や大きさが異なっている。気体は自動的に吸引される。

養殖場におけるニジマスの育成実験は、広島県・帝釈峡養殖池でマイクロ・ナノバブル発生機を取り付けた養殖池と取り付けていない養殖池のニジマスの育成を比較することで実験を行った。

次に油脂の洗浄実験を、マイクロ・ナノバブルを用いて行った。実験では Fig. 1 に示すように、液体は吸入口からマイクロ・ナノバブル発生機にポンプにより送られ、水槽を通して液体を循環させ、マイクロ・ナノバブル水を得た。実験では、ごま油、ミシン油、ホワイトグリースをシリコンウエハーに塗布し、洗浄実験を行った。シリコンウエハーに油脂を塗布したのは、グリースなどの除去の評価に FTIR を使用したからである。

シリコンウエハーにグリースなどの油脂を塗布し、次に純水を入れたビーカーの上部にグリースなどを塗布したシリコンウエハーを吊し、マグネチックスターラーを用いて強力に純水を攪拌し洗浄を行った。純水、バブルを含む純水、1.0 W/V%の炭酸水素ナトリウム(重曹)水、1.0 W/V%の炭酸水素ナトリウムのバブル水、1.0 V/V%のエタノール水、1.0 V/V%のエタノールを含んだバブル水などを用いた。また、洗浄実験の際には一定の水温で洗浄を行った。

なお、使用したマイクロ・ナノバブルを含む液体は、マイクロ・ナノバブル発生機を用いて生成後、2日程度静置したものを使用した。洗浄されたシリコンウエハーを写真撮影すると共に、洗浄の前後において油脂を塗布したシリコンウエハーを FTIR で測定し、油脂の除去の状態を調べた。Fig. 2 にマイクロ・ナノバブル発生機で生成した後、3日程度経過した純水中のバブルのコルターカウンター(Beckman Coulter 製造)による粒度分布の測定例を示す。

3. 実験結果

ニジマスの生育実験は2006年11月中旬から2006年12月末まで、ニジマス養殖池で実施した。マイクロ・ナノバブル発生装置を取り付けた養殖池のニジマスは取り付けていな

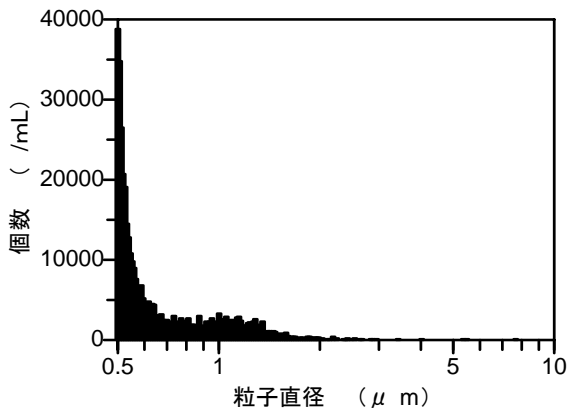


Fig. 2 Bubble diameter distribution

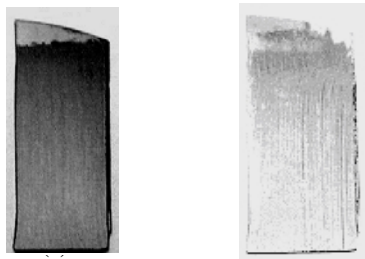


Fig. 3 Photographs of silicon wafer with thin coat of grease

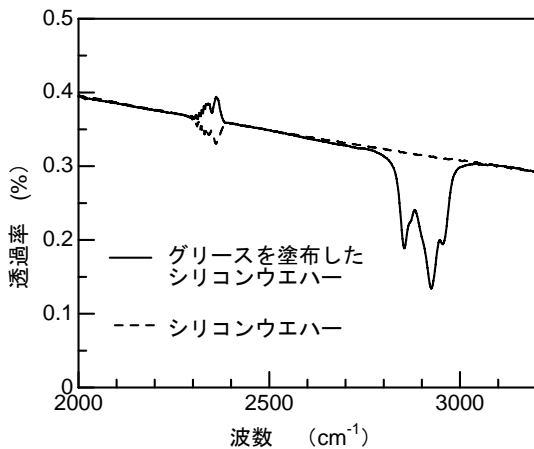


Fig. 4 FTIR spectrum of grease on a silicon wafer and a silicon wafer

Table1: Optical transmission of grease under different conditions

液体の種類	水温	バブル	洗浄時間	透過率の変化
純水	20°C	なし	30 min.	9 %
		あり	30 min.	47 %
	30°C	なし	30 min.	53 %
		あり	30 min.	91 %
重曹水	30°C	なし	10 min.	93 %
		あり	10 min.	98 %
		あり	30 min.	100 %

い養殖池のニジマスより、成育が速く重量が 1.14 倍になった。

グリースを塗ったシリコンウエハーをマイクロ・ナノバブルを含む液体と含まない液体により洗浄し、その洗浄効果の違いを写真により調べた。実験結果の写真の 1 例を Fig. 3 に示す。Fig. 3 (a) はシリコンウエハーにグリースを塗布したときの写真であり、Fig. 3 (b) は純水のバブル水による洗浄後の写真である。グリースは不均一に除去されるが、これはほぼすべての試料で同じであった。

次にFTIRの測定結果の一例をFig. 4 に示す。測定においては油脂による吸収を示す波数 2853 cm⁻¹の透過率を洗浄の評価に用いた。得られた実験結果をTable1 に示す。Table1 において透過率の変化は、FTIRにおけるグリースの洗浄前の透過率と洗浄後の透過率の増加の割合と示す。100%はグリースが全部除去されたことを示す。シリコンウエハーに塗布したグリースの厚みが減密には同じではないので、定量的に正確な評価はできないが、写真も考慮すると、次のような結果が得られた。

ごま油とミシン油をシリコンウエハーに塗布した場合は除去されやすく、純水のみでもほとんどシリコンウエハーからどちらも除去されたので、実験では主にグリースを用いて洗浄実験を行った結果を示す。Table1 に示すように洗浄時の水温が 20°Cのバブル水で 30 分洗浄するとグリースが半分程度除去されている。30°Cの純水のバブル水では洗浄効果は非常に高くなった。純水の場合、バブル水はバブルを含まない水より洗浄効果がかなり高かった。

次にアルカリ水として炭酸水素ナトリウム (重曹) 水を用いて洗浄を行った[2]。炭酸水素ナトリウム水は濃度が 1.0 W/V%で pH8.4 である。炭酸水素ナトリウム水はグリースを除去し易く、10 分間の洗浄でかなりグリースが除去できた。炭酸水素ナトリウムを含んだバブル水で 10 分間洗浄すると、ほとんどグリースを除去でき、炭酸水素ナトリウムを含んだバブル水で 30 分間洗浄するとほぼ 100%グリースを除去できた。次にバブルの発生量が多いと思われるエタノールを含んだバブル水を用いて洗浄した。エタノールの濃度は 1.0 V/V%であり、エタノールを用いると 30 分の洗浄で完全に除去できた。エタノールの場合にはグリースが除去されるのは、洗浄の効果ではなく、エタノールによるグリースの分解の効果が大いものと思われる。

実験では、発生機でバブル水を取水後、2 日程度経過したバブル水を実験に使用した。実験でグリースを洗浄した後バブル水は、わずかな白濁が見られるが、気泡の上昇や白濁した粒子の上昇は見られない。

4. 考察およびまとめ

マイクロ・ナノバブル装置を製造し、装置を養殖場に設置してニジマスの育成実験を行った結果、成育が良く効果的であった。また、8 μm程度以下のバブルだけを含んでいる液体を用いてホワイトグリースの洗浄を行った結果、バブルを含んだ液体が効果的であることがわかった。バブルの粒径の効果は実験的にも十分明らかでなく、今後この点に重点を置いて研究を進めたい。

参考文献

- [1] 山崎和幸、坂田和之、第 2 回マイクロ・ナノバブル技術シンポジウム講演論文集 (2007), pp.25-41.
- [2] 竹内節三、金属の工業洗浄、地人書館 (1993).