

洗浄・除菌関連

(1)「シリコンウエハー洗浄のメカニズム説明」 矢部先生実験報告

矢部彰先生の肩書

国立研究開発法人産業技術総合研究所名誉リサーチャー

参考文献

T. Morimatsu, M. Goto, M. Kohno and A. Yabe: "Cleaning Effect of Nano-Bubbles(1st Report: Minute Particle Contamination)", Thermal Science and Engineering, Vol.12. No.4, pp.67-68 (2004)

ウルトラファインバブルの洗浄・殺菌効果の メカニズムの可能性を示す図

表面張力による
気泡内部圧力の上昇

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{d} \quad d=100\text{nm in H}_2\text{O} \quad \Delta p=30\text{atm}$$

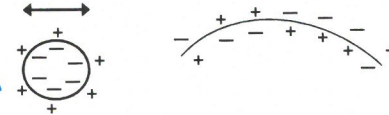
直径100nmでは
気泡内外の圧力差が最大で30気圧まで期待される
水の表面張力がある場合、バブルの中の圧力は高い
(界面活性剤の場合、表面張力が小さいため
ウルトラファインバブルは普通に存在する)



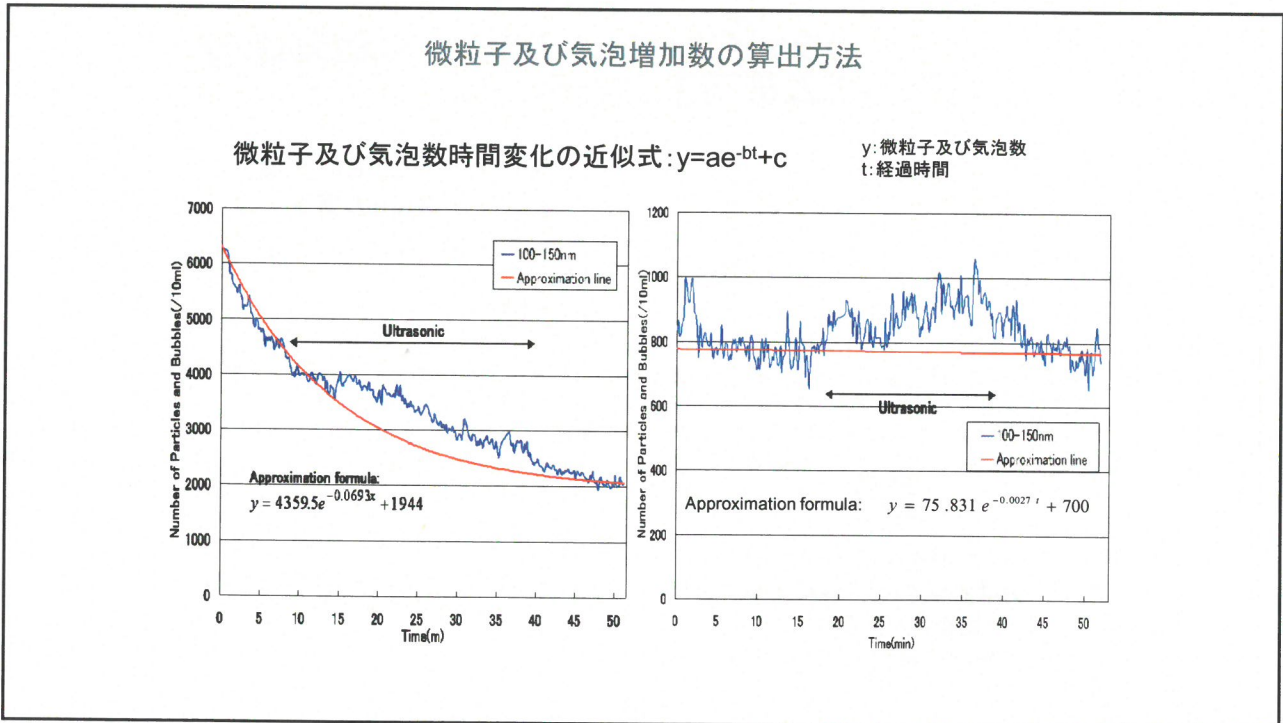
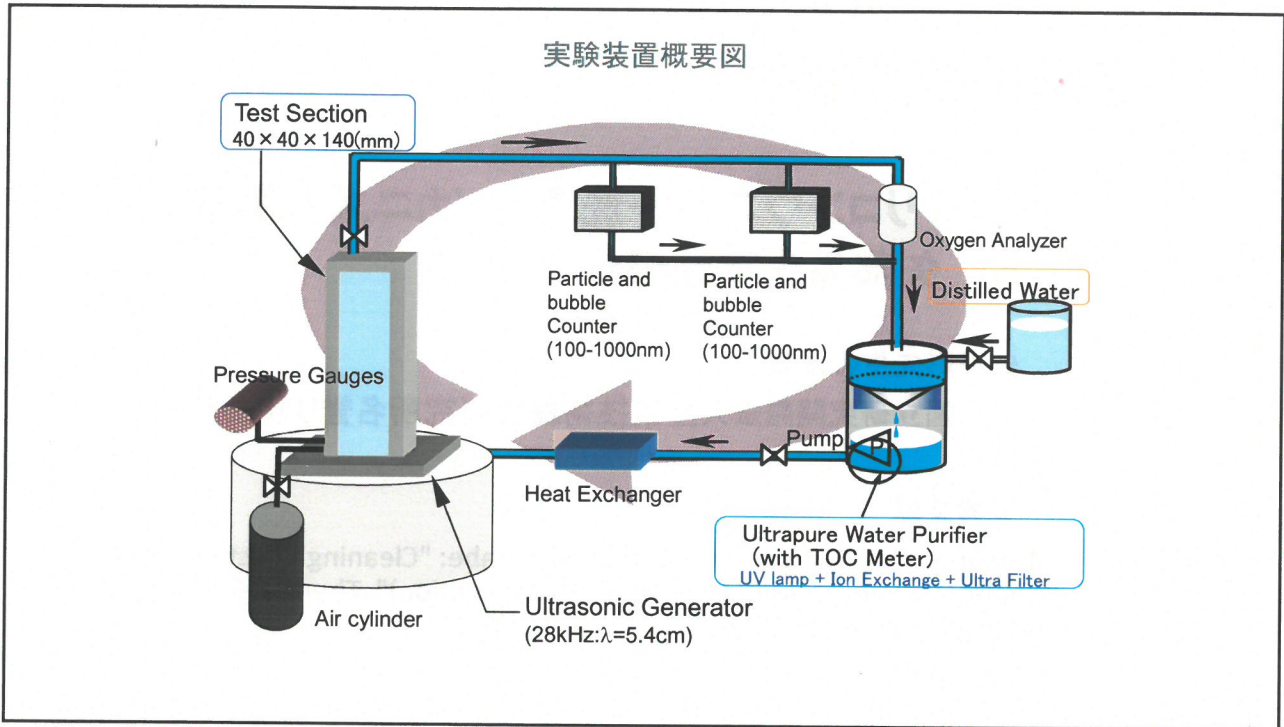
気泡崩壊に伴う圧力波
力学的な汚れの剥離・洗浄効果
比表面積が大きいことによる
物体の表面汚れへの付着

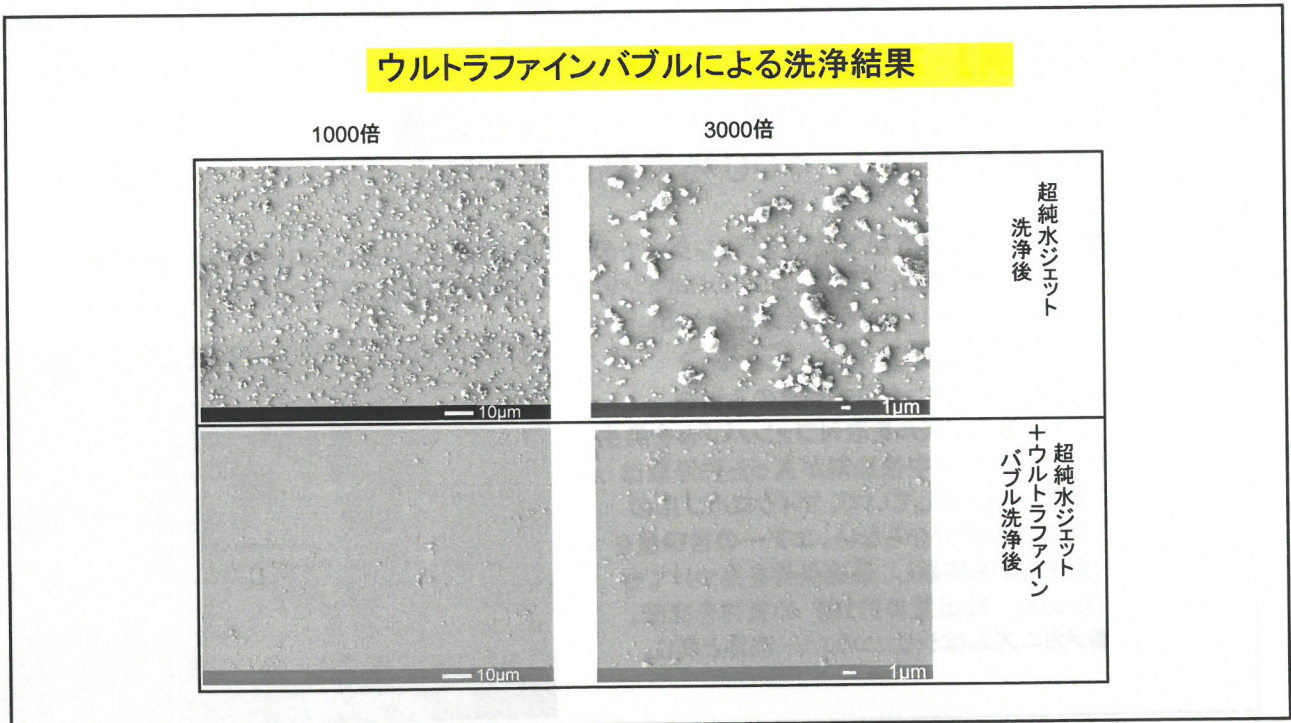
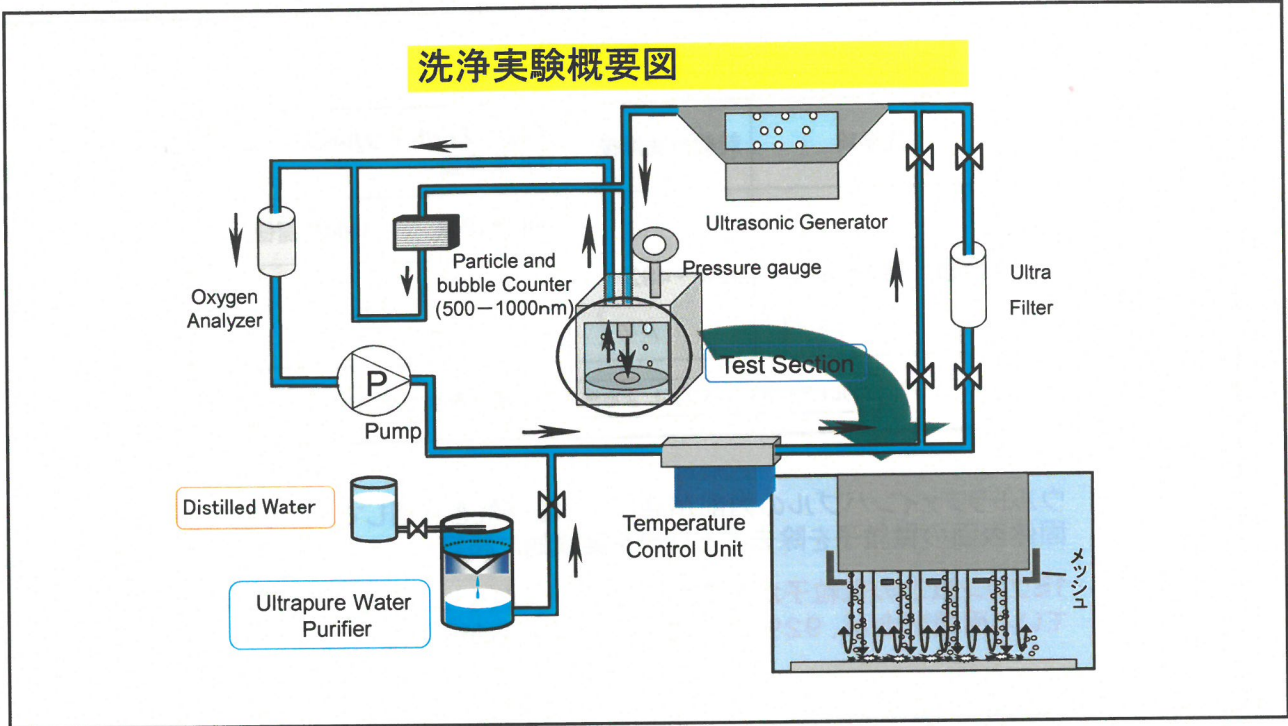
分子動力学の解析結果より
直径が数nmの気泡では
気液界面の電気的極性が揃う

Several nm



界面の静電効果による石鹼・殺菌作
用等が期待される





洗淨効果

	洗淨前	超純水洗淨後	超純水ジェット+ウルトラファインバブル洗淨後	
			1000倍画像	3000倍画像
面積	359~472 μm^2	320~482 μm^2	28.65	37.33
			μm^2	μm^2
ウルトラファインバブルによる洗淨率：面積割合で92.13%				

ウルトラファインバブルの内部が高圧になる特性を利用して、圧力波により固体表面の微粒子を除去する効果を実験的に検証

1ミクロン以上の微粒子が除去され観察されなくなったこと、また、洗淨できている面積割合が、92%に到達することを明らかにした

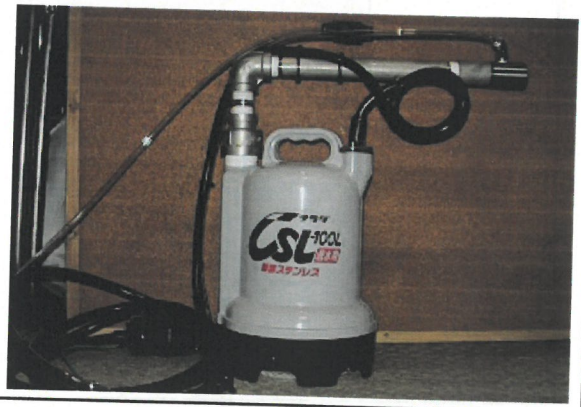
【応用事例】 20L/min OKノズル

自動車用プレス部品のコンタミ除去洗淨
不良品ゼロ！ 100%良品になった！

- プレス打ち抜き加工品のグラインダーでのバリ取り工程で出たコンタミが製品に強く付着(刺さる)している。ブラッシング・0.4MPaシャワー洗淨除去装置に通しても落ちないものが1~2割あり、塗装してから不良品と分かる。

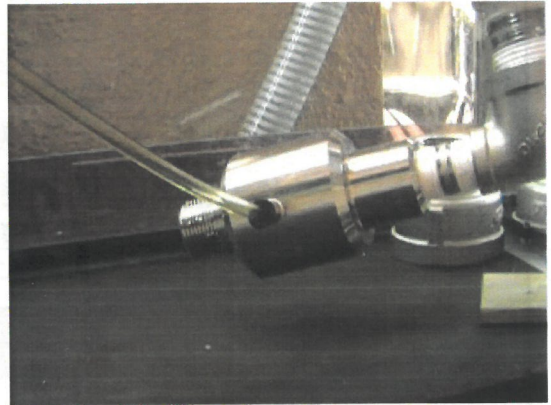
＜対策にファインバブル＞

- 500Lの洗淨タンク内で写真のように20L/minOKノズルを取付ファンバブルを発生。
- 500Lタンクに中性洗剤が入った洗淨液は最初から白濁していて、マイクロバブルの発生状況が分からない。エアーの自吸量を変えながら実験し、最適条件を見つけてもらった。吐出量の約1割の気体を自吸。
- メカニズムはシリコンウエハー洗淨と同じ。



【応用事例】 60LOKノズルシリコンウエハーの超超鏡磨加工に ファインバブルで要求される鏡面を簡単にクリアー！

- 数種類の対策をしたが要求される超超鏡面ができず、ファインバブルを使用して解決した。
- 研削液の配管途中にOKノズルを設置。
- 納品後、9日目で「合格品が供給できることになり、大変喜んでおります」と感謝の言葉を担当技術者から頂いた。
- ファインバブルの破裂の衝撃 によって砥石の切り刃が常に確保され、また、研削キリコが洗浄され必要な超超鏡面粗度が得られたものと考えられる。



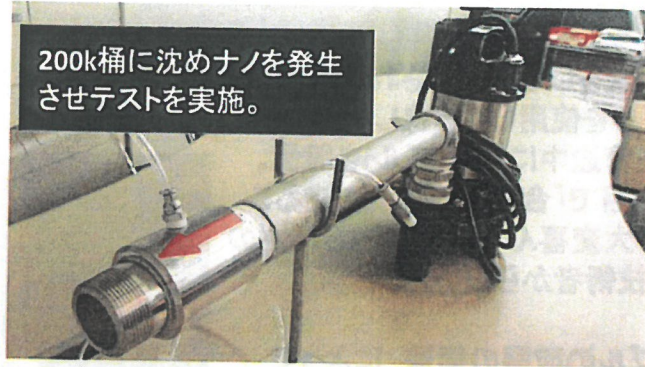
【応用事例】 100L/min OKノズル 実験 2014年3月28日 生むきエビの除菌 (鹿児島企業が実験)

1. 実験装置：ファインバブル発生装置(100L/min OKノズル)

- ・水の流れを層流にするためストレート部を設ける。
- ・OKノズルにかかる水圧は約0.1MPa



2. 下記データは比較の為の実験前のもの



3/12 ビーズガード殺菌

試料 (ブラックタイガー)	細菌数		効果 ↓
初発	2.9×10^5	290,000	
ビーズガード 噴霧200ppm	1.4×10^5	140,000	-52%
ビーズガード 浸漬200ppm	6.0×10^4	60,000	-79%

3. ファインバブルだけでも除菌効果

(1) 洗浄方法 : 実際の製造工程で実験

①真水浸漬 ②UFB浸漬 ③ファインバブルを発生・オーバーフローの3工程

(200L桶に13kgの生エビ) 各工程時間は5分間。計15分。

ファインバブルだけで殺菌効果を発揮するのか、5月20日以降繰り返しテストした。ブラックタイガーとバナメイエビ。

(2) 結果

①5月29日までは約80%台の除菌であった。

②6月4日実験ブラックタイガー: 87%除菌 (洗浄工程は同じ)

③6月12日実験ブラックタイガー: 94%除菌 (洗浄工程は同じ)

④ファインバブルを発生させながら循環/オーバーフローの時は次亜塩素酸ナトリウムは使用しないほうが良い。塩素の脱気が起こる。作業者が臭いと目に痛みを訴えた。

(3)UFBの除菌・殺菌メカニズムの科学的説明が急がれる。

【応用事例】 100L/min OKノズル 冷凍魚卵の洗浄・血抜き

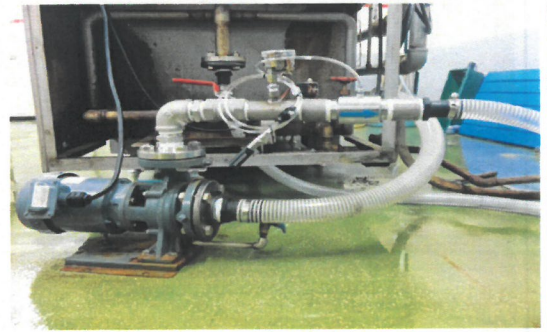
(北海道釧路)

1. 洗浄装置と条件

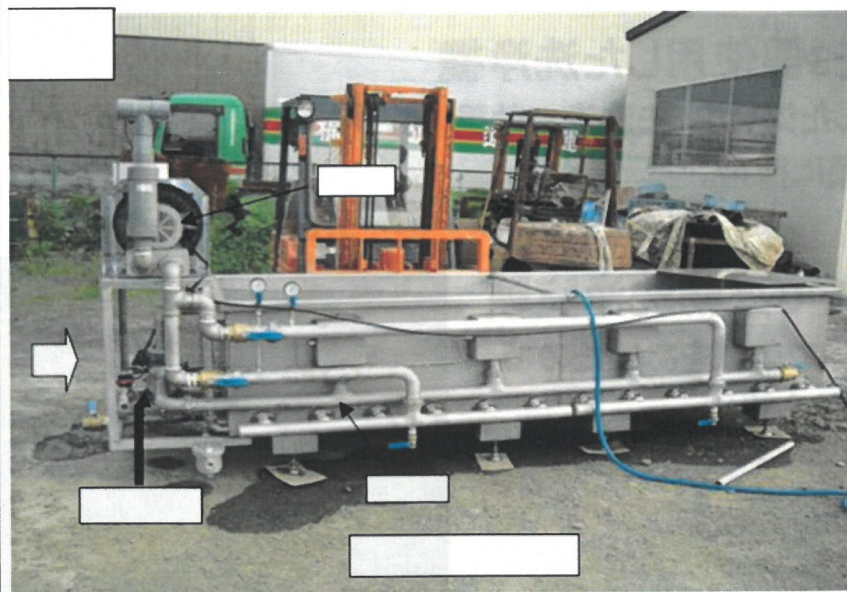
- ①海水塩分濃度約0.3%
- ②洗浄装置は写真のもの。タンク底からスチーム噴出
- ③ポンプのMAX水圧は約0.15MPa。OKノズルは写真の位置。
- ④ファインバブル発生は、ほんのり薄く白濁する程度

2. ファインバブル洗浄の効果

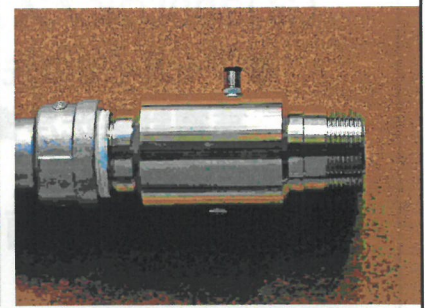
- ①洗浄時間を短縮できた。
- ②卵の崩れがなく歩留まりがいい。
- ③作業者の話では、水が柔らかくなり、プロテインの泡が多量に発生。



魚卵洗浄装置



100L/min OKノズル

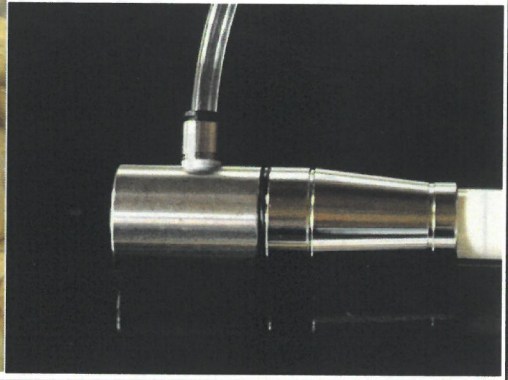


【応用事例】 野菜洗浄 イギリス

- (1) ジャガイモ洗浄機 7L/min OKノズルを10個
 ●クボミの土、砂を落とす目的で採用



7L/min OKノズル



【応用事例】 野菜洗浄 イギリス

- (2) 100Lノズルを3個使用した洗浄機

- 7Lを10個使用したジャガイモ洗浄で効果をあげたので、大型のジャガイモ洗浄機に採用。

- (3) 300LOKノズルで葉物洗浄実験

- ジャガイモの洗浄で効果をあげたので、葉物野菜洗浄機にも使用。

- (4) 食器の除菌洗浄実験

300LOKノズル

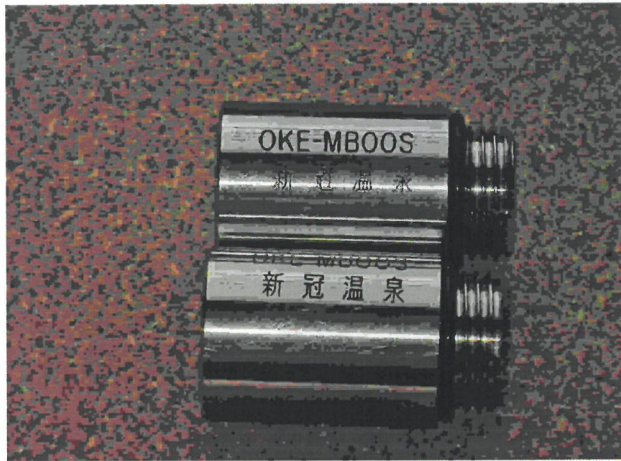


【応用事例】 新冠温泉にファインバブル

(1) 15L /min OKノズルを40個

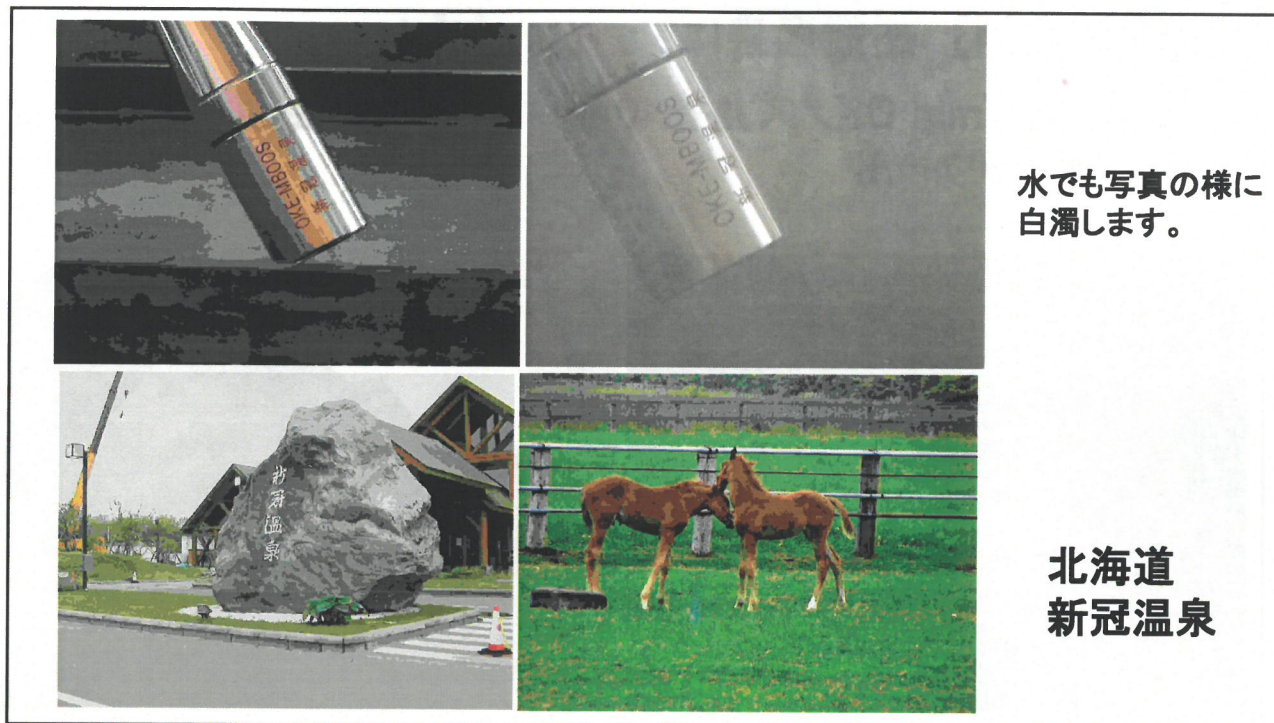
北海道 新冠

●シャワー用



(2) OKノズル3種類から15L /minを選択





水でも写真の様に
白濁します。

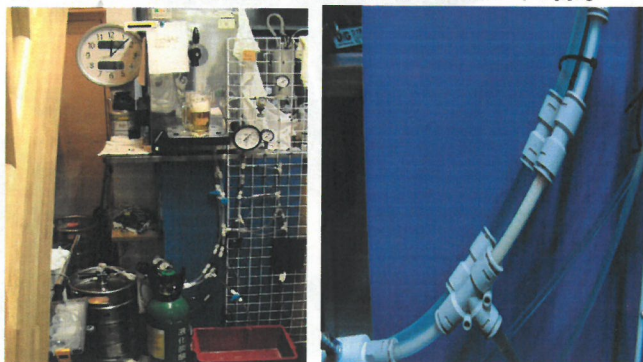
北海道
新冠温泉

【応用例】 生ビールサーバー自助洗浄

●2015年「ものづくり補助事業」
「FBで生ビールサーバー自助洗浄システムの開発」

(1) 実験目的

夏場、週に2、3回の洗浄を減らすこと。約1ヶ月近く洗
浄無しでも旨い生ビールが飲めるようにするのが目標。



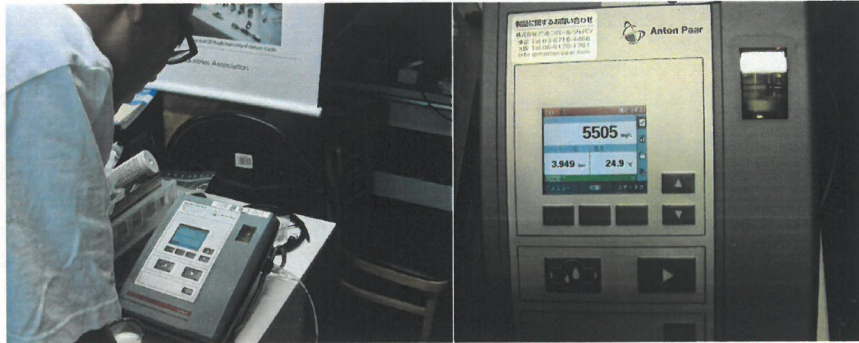
(2) ファインバブルを通した効果

①パイプの洗浄力がある

数ヶ月洗浄無しでジョッキ内にコンタミ無し。

②OKノズルを通すと、20ppmの炭酸ガス濃の数値が下がった。(計測流量数百mL/minで)

③ビールの味もまろやかになっている



(3) 二酸化炭素濃度が下がる原因

①CO₂がウルトラファインバブルに

OKノズルを通すとビール流量は数百mL/minだが、この時、CO₂測定器で測ると約20ppmCO₂濃度が低い。CO₂測定はアントンパール製のビール専用炭酸ガス濃度計で行なったが、測定中、目に見える泡は無い。

②実際にジョッキに入れる時は、OKノズルを流れるビール流量は数L/minなので、もっと多くのCO₂がウルトラファインバブルとなっている可能性が高い。

③生ビールをジョッキに注いだ後、1時間後でもジョッキの底から多くの泡が出ていることから判断すると、計測中に消えたbCO₂はウルトラファインバブルになっていることを裏付けているようだ。

(4) ビールの味もまろやか

- ①これは、OKノズルを通して消えた炭酸ガス（ウルトラファインバブルになった？）と関係があると思われる。



- ②実験中に多くの人に生ビール試飲（サッポロ黒ラベル）
「まろやか」「刺すような感じが無い」「うまい」「蔵出しの味に似ている」「ビールはあまり飲めないが、これは飲める」「いつまでも炭酸が抜けない」との感想。
- ③味がまろやかになる原因の解明を産総研と共に行う計画である。来年、発売を計画している。
- ④生ビール用OKノズルの取付位置は写真を参照。



工作機械：切削関連 OKノズル使用

- ①切削性、研削性の向上
 - ②クーラントタンクの清掃浄化
 - ③アルミ切削時の構成刃先剥離
- 潤滑油と切削油の分離
 - 切削液浄化、腐敗防止

【応用例】ファインバブルで研削性向上 佐賀

(1) 金型の切込量を $4\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ に出来た

- ①切込量が $7\mu\text{m}$ になり加工時間を短縮した。



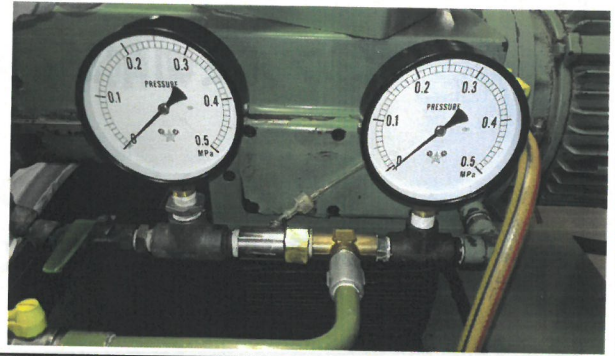
(2) OKノズルを配管途中に設置

① OKノズルの設置場所

工作機械応用でファインバブル発生方法は二通りある。

- クーラントタンク内で循環させ発生させる方法
- 配管途中にOKノズルを設置しファインバブルを発生させる方法

- ② 今回の場合は、配管途中にOKノズルを設置。
配管途中の場合OKノズルの前後に圧力計を設け液の差圧をモニターする。



クーラント液配管途中に組み込む場合

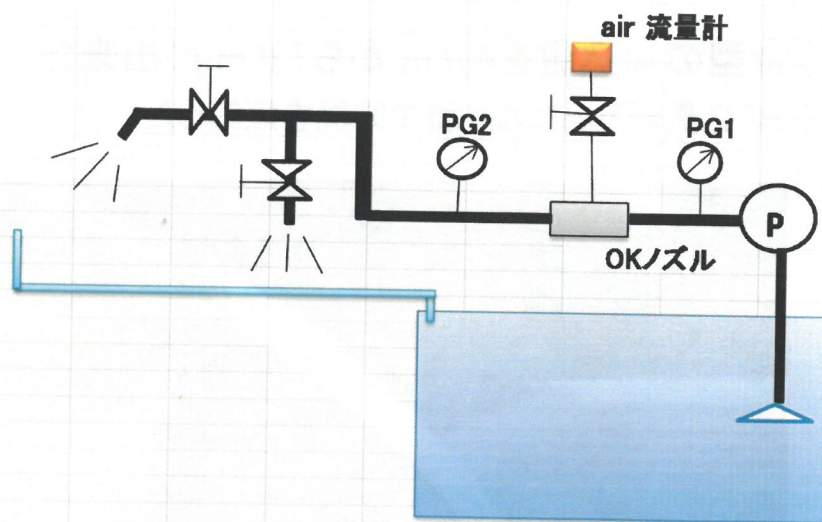


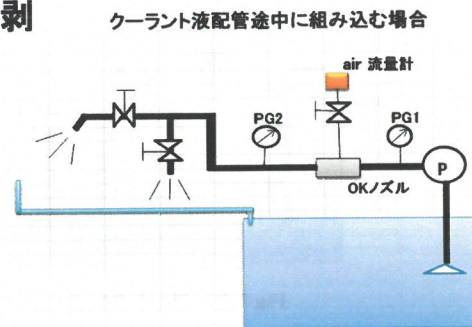
Fig3 クーラントタンク

3. 研削性が向上したメカニズム

①砥石の切刃の確保

研磨加工で切込量を $4\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ を可能にしたのは、ファインバブルの効果である。常に砥石の切刃が確保されているからである。

ファインバブルが高速で回転する砥石に当たり、破裂した時の圧力波が、砥石に詰まったキリコを剥離しているからと考えられる。



【応用例】 クーラントタンクの清掃・浄化 広島

アルミ加工用クーラントタンク清掃・浄化に100L/min OKノズル

(1)アルミ切削粉を除去 — 各タンクに100L/min OKノズルを1個 計6個

ファインバブルは、水溶性クーラントタンク内面に発生するバイオフィルム等の発生を抑制することができ、クーラントタンク内面を清掃する。

自動車部品等のアルミ加工工場では、クーラントタンク内壁にできたバイオフィルムとそれに付着したアルミ加工微粉除去にもファインバブルが利用され始めた。

(2)クーラント液の浄化、腐敗防止

ファインバブルは、クーラントタンク内面、配管内の清掃だけでなく、クーラント液そのものを浄化するとともに、液の腐敗を抑制・防止する。

(3)OKノズルをクーラントタンクに 取付

- 配管端面にOKノズルを取付けて発生させる場合
- 配管途中にOKノズルを入れて発生させる場合
のイラストを下記に示す。

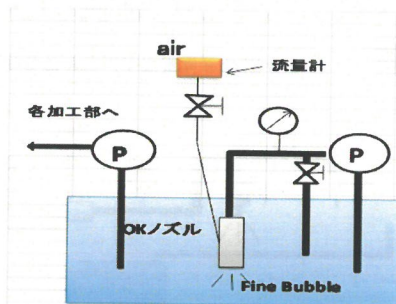


Fig1クーラントタンク

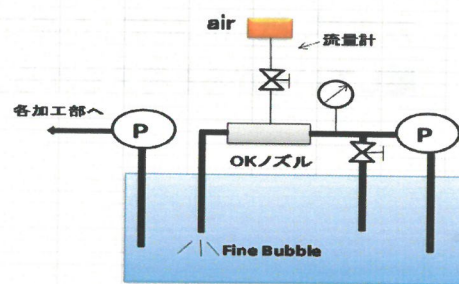


Fig2クーラントタンク

【応用例】ファインバブルで研削性向上(2) 福岡

25L/min OKノズル研削加工で効果！2018年4月導入

<他メーカーのノズルと比較実験の結果：OKノズル採用決定！>

◎切削実験での効果は出ていますでしょうか？ 採用
近況をお知らせ下さい。(メールで)

回答⇒ ・ある一定の条件の元で研削加工にて効果有ります。
・具体的な効果は非公開とさせていただきます。
・弊社においてUFBの存在感が日々高まっております。
・今後は毎月数台ずつですが、OKノズルを導入できそうです。

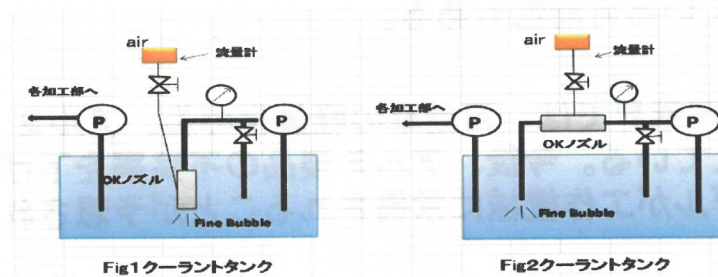
●加工時間を大幅に短縮
ファインバブルの発生条件、研削条件を工夫する ことで加工
時間を大幅に短縮できる可能性が出て きた。

【応用例】 アルミ構成刃先剥離効果 静岡

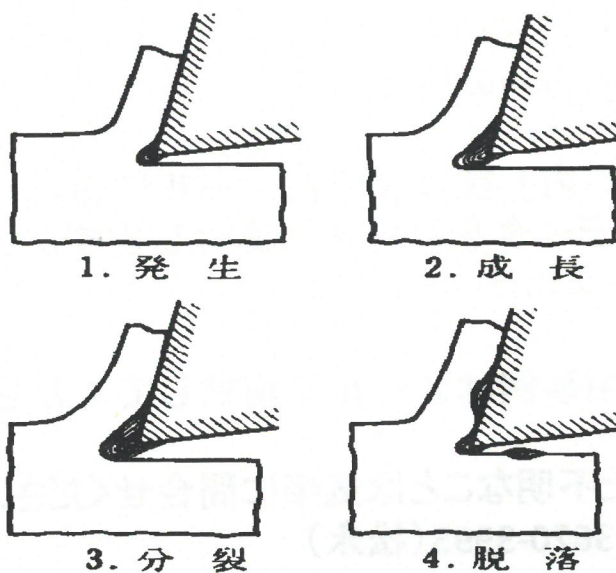
25L/min Okノズルを使用

(1) アルミ加工時の構成刃先剥離効果

ファインバブルは、アルミ加工時、刃物にできる構成刃先を剥離させ、アルミ製品の面粗度を上げる事ができ、不良率を低下させている。



構成刃先の生成



(2) 構成刃先の剥離のメカニズム

- ①剥離のメカニズムは、シリコンウエハーコンタミ洗浄で述べたファインバブル破裂時の衝撃波によるものと考えられる。
- ②切削時の刃先は800℃近くになるのでファインバブルが急激な熱膨張と破裂で構成刃先を剥離していると考えられる。
- ③ファインバブルによる放熱効果により構成刃先ができにくくなっている可能性もある。

自動車業界では、自動車の軽量化の為、アルミニウム部品が増えている。今後、アルミ製品の不良率を下げる為、ファインバブルが工作機械に常備されることが予想される。

- (1) 洗浄・除菌以外の分野については新ホームページを見てください。

<http://ok-nozzle.com/>

- (2) 「会社案内」請求は下記メールに連絡ください。
PDFデータをメールに添付します。

oke@s3.dion.ne.jp

- (3) 他の応用事例はメールで請求してください。

技術的なこと不明なことは気楽に問合せください。

携帯:090-3620-3995(松永)