

# 微細気泡を用いたノンケミカル洗浄

○田村尚也<sup>1</sup>・金子暁子<sup>2</sup>・上澤伸一郎<sup>1</sup>・阿部豊<sup>2</sup>・池昌俊<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大院 <sup>2</sup>筑波大 <sup>3</sup>Apptex LLC

## 研究背景・目的

### 従来工業洗浄技術の課題

洗浄剤に関する課題



- フロンガス・揮発性有機化合物
- 酸アルカリ洗浄剤
- ↳ 大きな環境負荷
- ↳ 高い廃液処理コスト

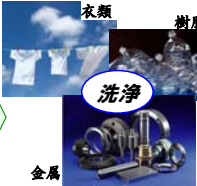
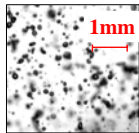
洗浄剤を使わないノンケミカル洗浄が必要

### 低環境負荷の洗浄技術：マイクロバブルに注目

マイクロバブル：直径1 mm以下の微細気泡

#### 【特徴】

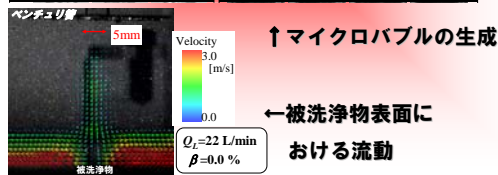
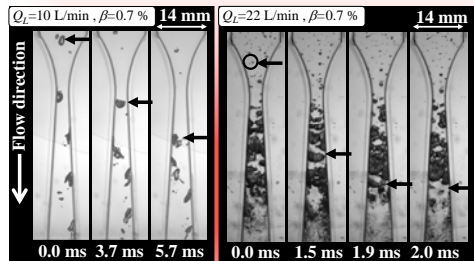
- ☑ 界面における物理的吸着
- ☑ 大きな比表面積
- ☑ 長い水中滞留時間



## 本洗浄技術の特徴

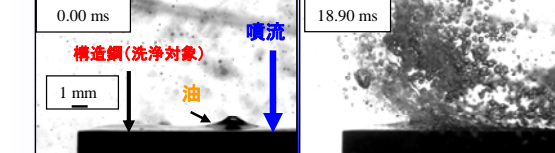
### 噴流

【ベンチュリ管内流動・気泡挙動】  
◇ベンチュリ管内で急激な気泡崩壊が発生

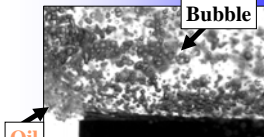


### マイクロバブルの汚れに対する吸着

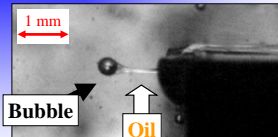
#### 【洗浄の可視化計測】



#### ◇再付着の防止



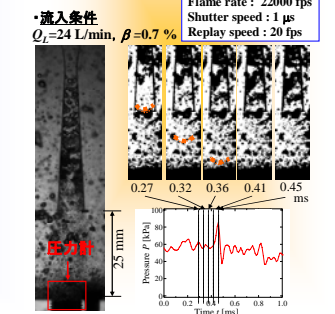
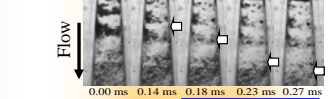
#### ◇微細気泡による汚れの剝離



◇気泡界面での油の付着を確認。  
⇒洗浄液中から汚れを効率的に回収できる可能性。

### 圧力波

【圧力波の伝播】

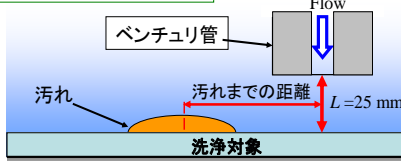


## 洗浄実験

### ◇ 洗浄実験の体系、洗浄率の定義、汚れの塗布方法

#### 【実験条件】

液相(水道水)流量 $Q_L$ : 10~22 L/min  
気相(空気)流量比 $\beta$ : 0~10 %  
衝突距離 $L$ : 25 mm

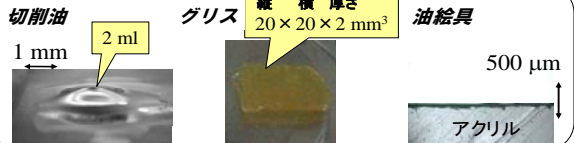


#### 洗浄率の定義

$$\phi_M = 100 \times \frac{M_s - M_w}{M_s - M_o}$$

$\phi$ : 洗浄率  
 $M$ : 質量  
 $o$ : 汚染前  
 $s$ : 汚染後  
 $w$ : 洗浄後

#### 【汚れの塗布方法】



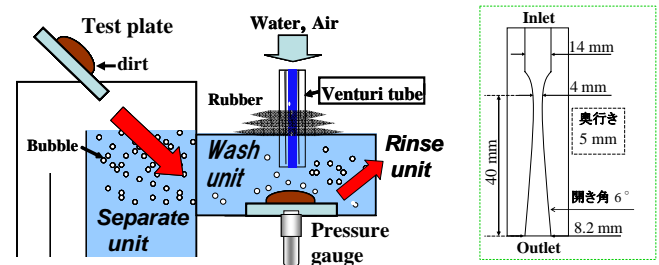
### ◇ 実験結果【洗浄率】

流入条件	切削油 Mobil メット735 (比重[15°C]:0.88・粘度[40°C]:30.5mm <sup>2</sup> /sec)			グリニ BOLL製 (ちょう度:2号)		
	ジュラルミン (A2017P-T351) 【Al-Cu系】	アクリル (アクリル樹脂)	ガラス (フロート)	ジュラルミン (A2017P-T351) 【Al-Cu系】	アクリル (アクリル樹脂)	ガラス (フロート)
$Q_L$						
$\beta$ [%]						
10	0	+3%	95.04	+3%	97.11	+16%
0.7		98.43	100.00		29.15	67.34
20	+7%	87.45	100.00	+3%	7.81	
0.7		94.13	97.86		10.96	
22	0		99.58	+3%	5.19	57.20
0.7			98.71		8.56	55.69

#### 【洗浄実験結果】

- ◇ 切削油を汚れに用いた洗浄では、高い洗浄率が得られた。
- ◇ グリニを用いた洗浄において、流量および気相混入による洗浄率の向上と、被洗浄物の種類による洗浄率の差が確認された。

## 実験装置



洗浄槽(Wash unit): マイクロバブルを含む噴流によって汚れを被洗浄物から剝離。  
分離槽(Separate unit): マイクロバブル界面に付着した汚れを効率的に分離・回収

### ベンチュリ管式マイクロバブル生成法によるノンケミカル洗浄技術

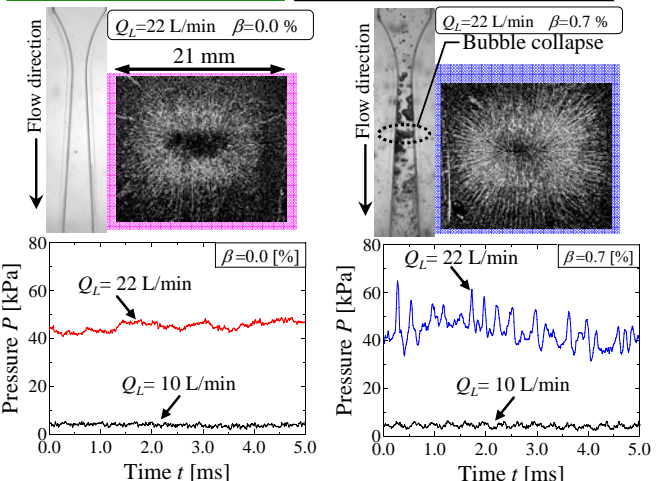
#### 【特徴】

- 高ボイド率でも微細気泡が生成可能
- 構造が簡単でメンテナンスが容易

噴流 + マイクロバブルの汚れに対する吸着 + 圧力波

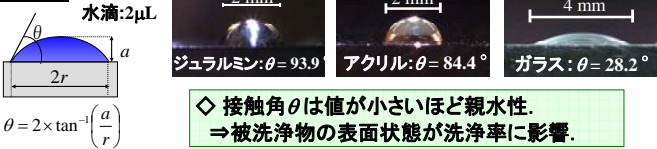
## 洗浄機構・支配要因の解明

### ◇ 洗浄面にかかる圧力 <油絵具洗浄実験結果との比較>



◇気泡崩壊が起きる条件(気相混入+流量増)で圧力変動を確認。  
⇒圧力変動が汚れの剝離を向上させることを示唆。

#### 接触角



## 結言

- ・洗浄実験を行い、洗浄率の差異を確認した。これらの結果を収集することで、本洗浄技術の利用に最適な条件が導出できると考えられる。
- ・圧力波とマイクロバブルによる洗浄能力の向上が示唆された。