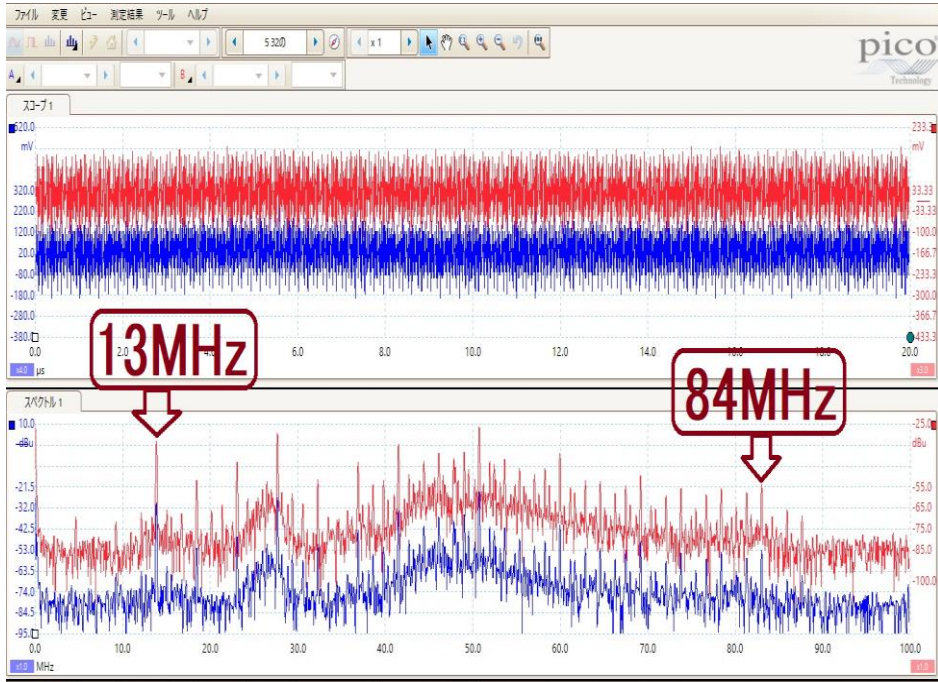
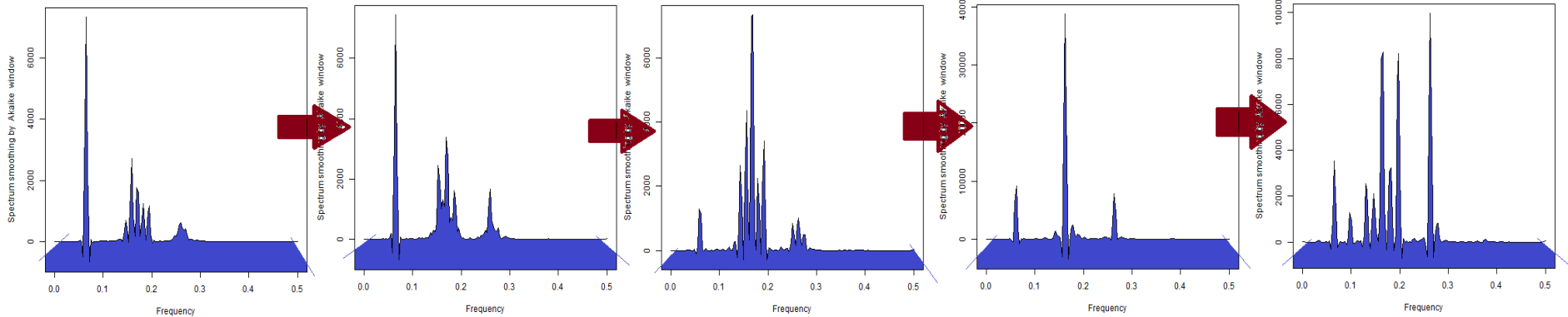


# 超音波洗浄技術

超音波システム研究所 齊木



## ダイナミック変動型 <超音波伝搬特性（音響特性）の分類>



超音波のダイナミック制御：バイスペクトルの変化

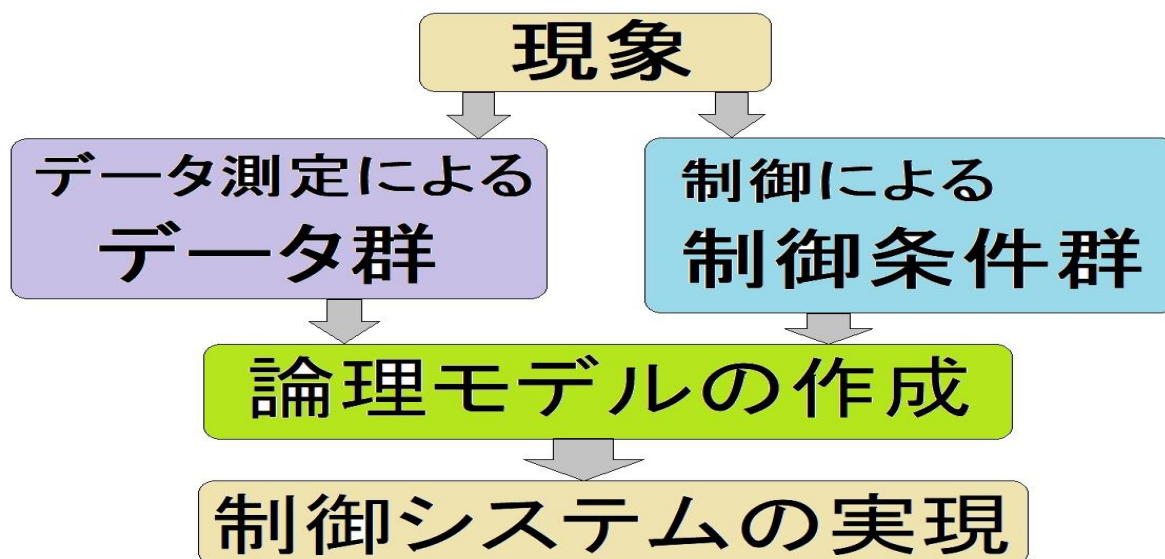
はじめに 洗淨の現実と対策

適切な、学習・実験・検討による

経験の積み重ねが洗淨レベルの向上に結び付く

「超音波洗淨機・キャビテーション・・・により洗淨できる」  
と言った単純な考え方では洗淨の改善はできない

- 1: 超音波洗淨の主要因は非線形現象(音響流)である
- 2: 目的に有効な超音波の測定・解析・確認が重要
- 3: 洗淨プロセスのシステムとしての対応が重要



## < 洗浄の現実と対策 >

( 効率の高い ) 適切な、洗浄技術の公開事例は非常に少ない  
洗浄システムとしての把握・理解が重要！

### < 現実 >

- 1 : 洗浄装置・洗浄液・・・の管理は難しい
- 2 : 気候・環境・・・各種変化・・・が洗浄効果に影響する
- 3 : 洗浄物の表面は、保管・処理技術の発展とともに変化する  
洗浄レベルの要求も変化する
- 4 : 洗浄管理、洗浄評価に関する技術・研究・機器は不十分  
( 洗浄は解明されない : 洗浄物に対する固有の方法を開発する必要がある )

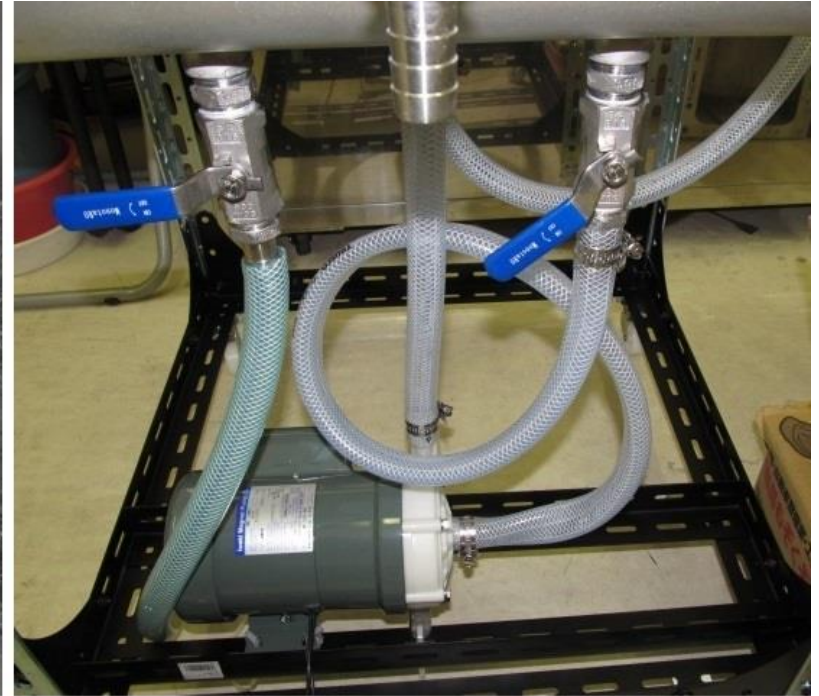
### < 対策 >

- 1 : 統計数理に基づいた、洗浄システムの管理を行う  
( 多数の実績から、確実に洗浄を改善する取り組みです  
洗浄改善が進まない原因は、**時系列データの処理技術**不足です )
- 2 : **20 $\mu$ 以下のファインバブル ( マイクロバブル )** の利用を実現する  
( 洗浄液の均一化、マイクロバブルの洗浄効果・・・推奨技術です )
- 3 : **超音波・ファインバブル ( マイクロバブル ) ・洗浄液・洗浄物の  
関係性に基づいた**洗浄システムを開発する****



# 脱気・ファインバブル(マイクロバブル)発生液循環装置

洗浄液を均一な(溶存気体濃度の分布)状態にすることで  
超音波が水槽内の液体全体に、均一に効率よく伝搬する



液循環ポンプの吸い込み側のバルブを絞ることで

**ファインバブル(マイクロバブル)**を発生する装置

吐出力の高いポンプの、吸い込み側のホースを絞る  
安価なポンプの利用でファインバブルは簡単に発生する  
適切な液循環の実現には総合的な技術が必要

# 超音波洗浄の考え方

1 ) 超音波洗浄の主要因は、**音響流（非線形現象）**  
**音響流のダイナミック制御が超音波洗浄技術**

2 ) 現状への応急対策

現状の洗浄装置に、**非線形振動現象を追加する**

\* 洗浄液の均一化（5 - 6万円程度のマグネットポンプ）

\* **低価格の機器**（超音波発振システム）により

変化するメガヘルツの超音波を追加する

**洗浄効果の大きい非線形振動の伝搬を実現する**

3 ) 恒久対策

洗浄物・洗浄水槽・洗浄液・・・洗浄目的に合わせた

制御条件（超音波、ポンプ、搬送装置、・・・）と

**超音波の伝搬条件（キャビテーション・音響流）の最適化**

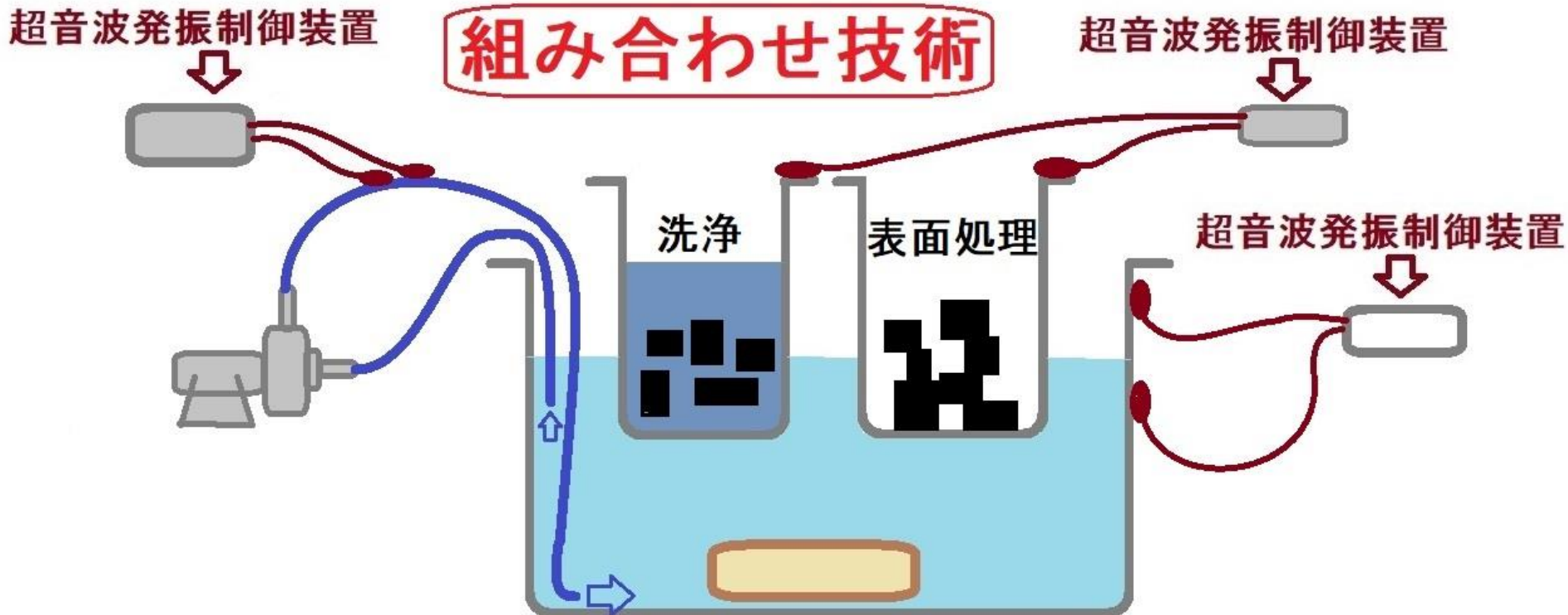
を統計数理に基づいて追求し続ける

（統計数理の継続的な学習が必要）

# 現状の超音波洗浄機の改善

## 非線形振動現象の制御システム

- 1 : 脱気ファインバブル発生液循環装置
- 2 : 水槽・振動子の表面処理 ( 表面残留応力の緩和 )
- 3 : メガヘルツの超音波利用



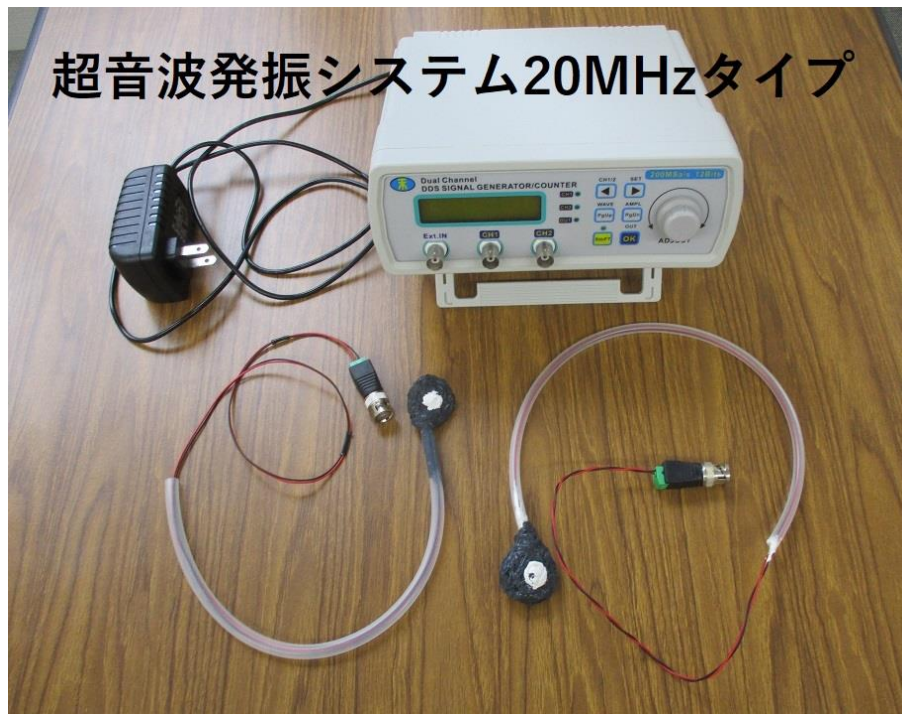
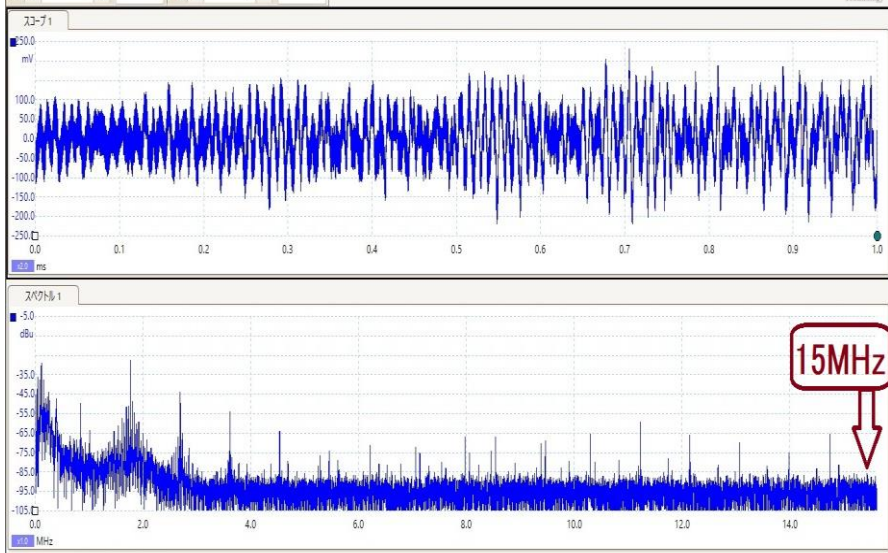
音響流(洗浄効果の主要因)に対するシステムの最適化技術



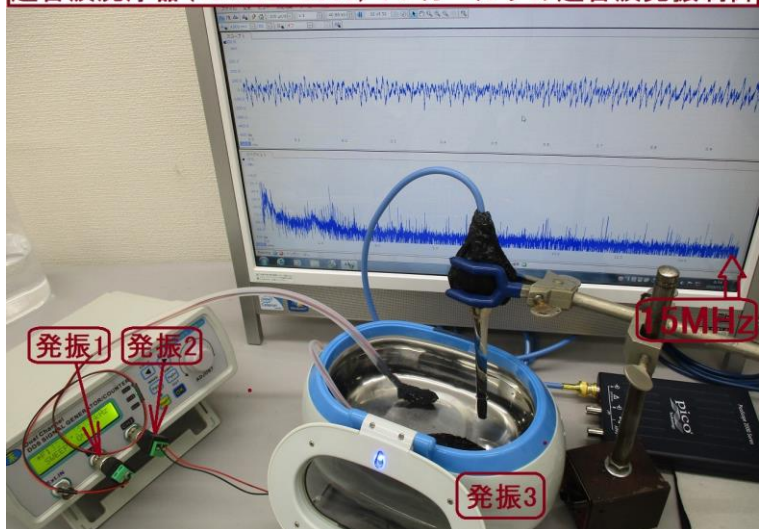
# 現状の超音波洗浄機の改善

超音波発振システムの追加

超音波洗浄器(42kHz 26W)+メガヘルツの超音波発振制御



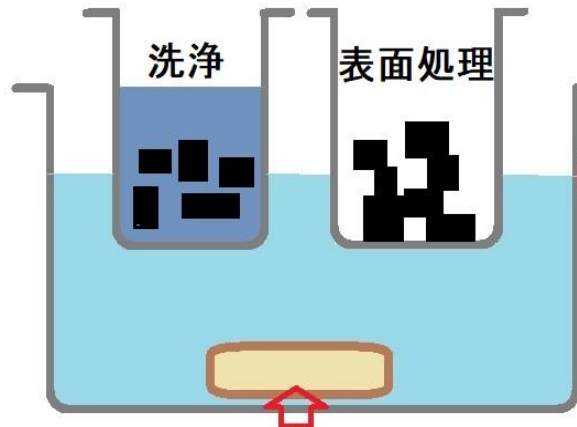
超音波洗浄器(42kHz 26W)+メガヘルツの超音波発振制御



# 現状の超音波洗浄機の改善 メガヘルツの追加

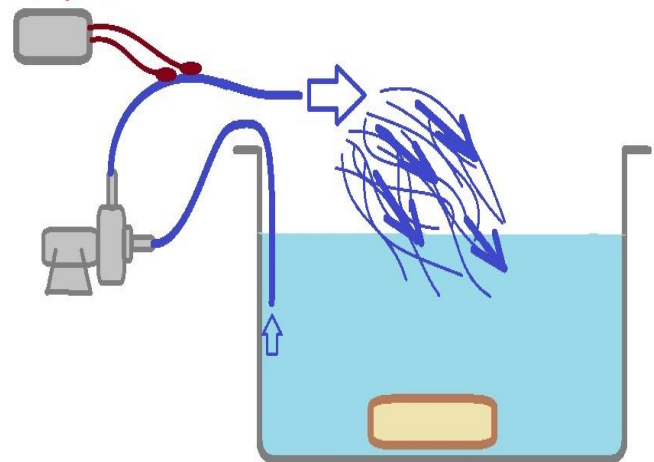
洗浄液量

100-5000リットル



メガヘルツ発振  
超音波発振制御装置

超音波発振制御装置



周波数30-50kHz 出力100-300W 超音波振動子

超音波発振制御装置

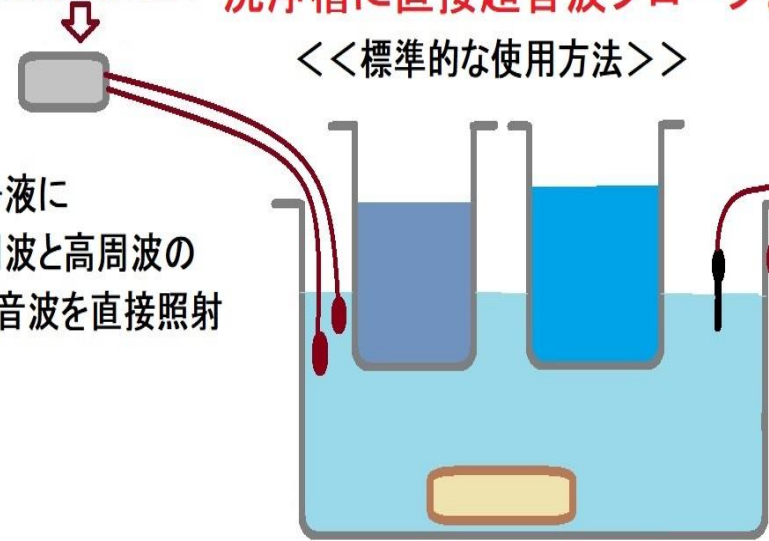
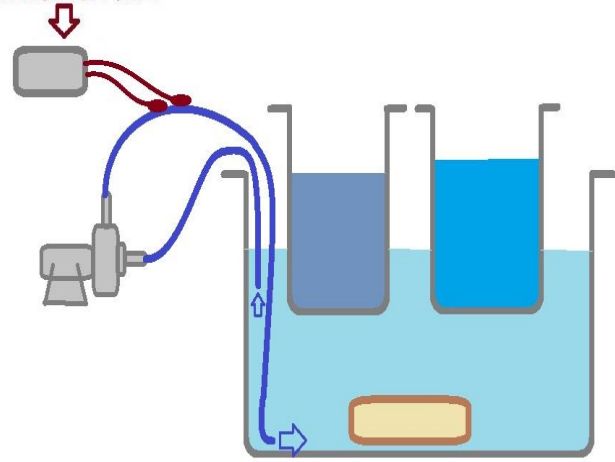
超音波発振制御装置

洗浄槽に直接超音波プローブを入れる

<<標準的な使用方法>>

洗浄液に  
低周波と高周波の  
超音波を直接照射

音圧測定による  
制御設定が簡単な方法





# 超音波利用の考え方

- 1 ) 超音波の複雑な現象は誰も正確に理解していない
  - 2 ) どのような 超音波現象も、調べるときりがない
  - 3 ) 超音波利用に対する  
独自の対象物・加工方法・・・を考慮した  
オリジナルの利用技術開発を行う
  - 4 ) 実験・検討・経験・学習・・・  
( メーカーや識者・各種情報・・・に迷わされなければ )  
必ず、未知の部分への挑戦になります  
従って 自分で考え追及する ことが必要
- 例 超音波を減衰させる効果を組み合わせることで、  
減衰対策が実現できる場合もあります

# 超音波洗浄の考え方2

洗浄物の振動特性に合わせた超音波制御を実現する

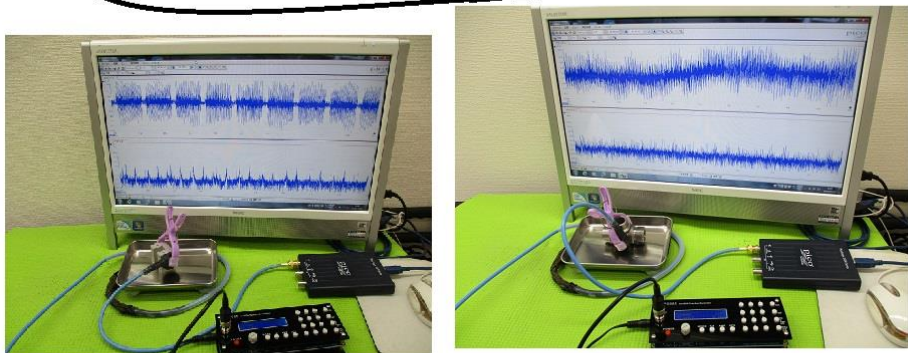
「振幅・周波数」自在伝搬制御

超音波のA・F自在制御

ポイント

伝搬面積、伝搬時間、伝搬圧力

対象物・治具・・・の音響特性



## オリジナル非線形共振制御

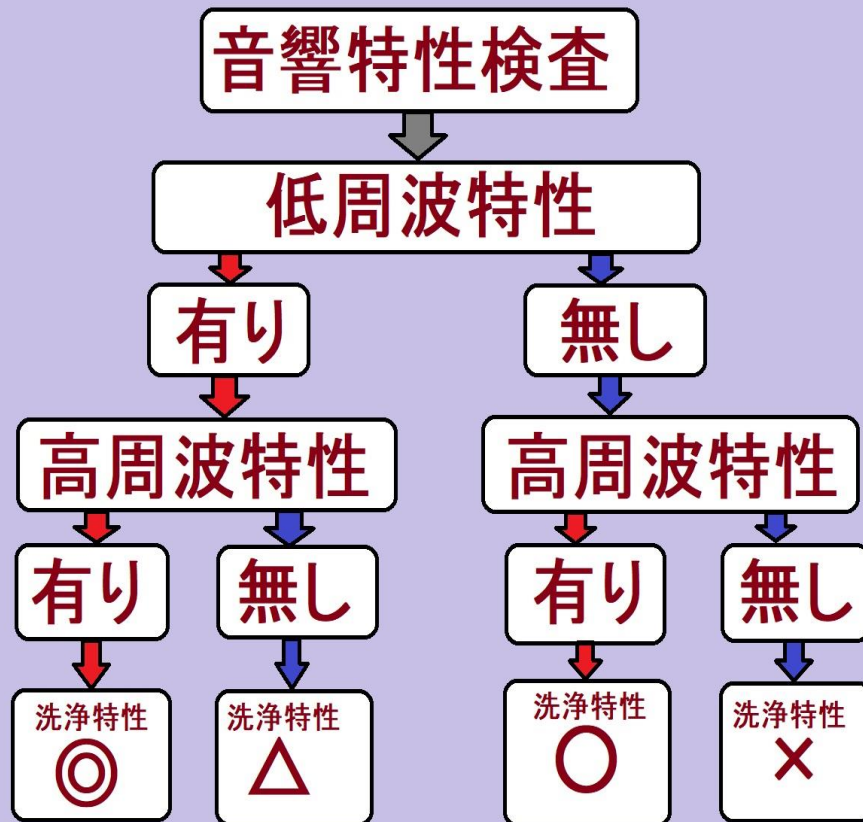
### 対象物の、音響特性

1) 伝搬周波数特性 2) 音圧レベルの減衰特性 3) 高調波・低調波の発生特性

上記に基づいて、効果的な超音波洗浄機の利用方法を考案

1) 発振周波数・発振出力 2) 制御方法 3) 効果的な治工具、効果的な洗浄方法

音響特性に基づいた、洗浄方法の最適化技術





### 3. 超音波洗浄技術

#### (1). 超音波の利用ノウハウ

##### b. マイクロバブル発生システム

揚程の高い、マグネットポンプの  
吸い込み側のバルブ(配管)を絞る

と言う、ポンプメーカーの禁止事項を行います  
(通常のマグネットポンプで10年以上機能します)

1: 揚程の高さとバルブの絞り状態の設定

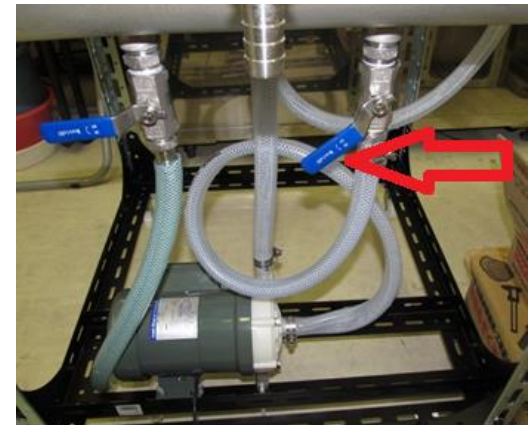
2: 超音波の発振制御

上記1, 2により

マイクロバブルの発生量と  
サイズを調整できます)

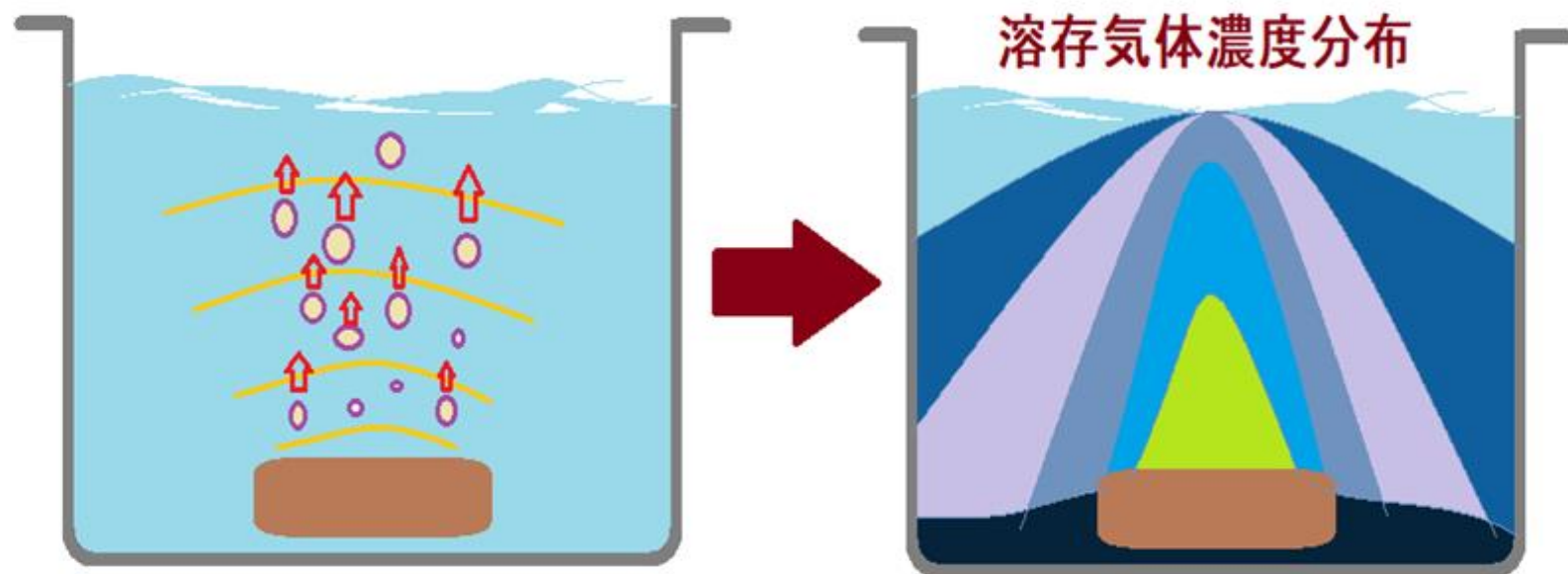
特許の問題はありません(公知とされています)

**注意事項: ゴミの吸い込みによるポンプの故障**



## 超音波による脱気

- 1) **キャビテーション**により(溶存気体を含んだ)気泡が発生
- 2) 気泡の浮力と**音響流**により、気泡が液面に向かった流れが発生
- 3) 液面から気泡が出ていくことで脱気が起こる



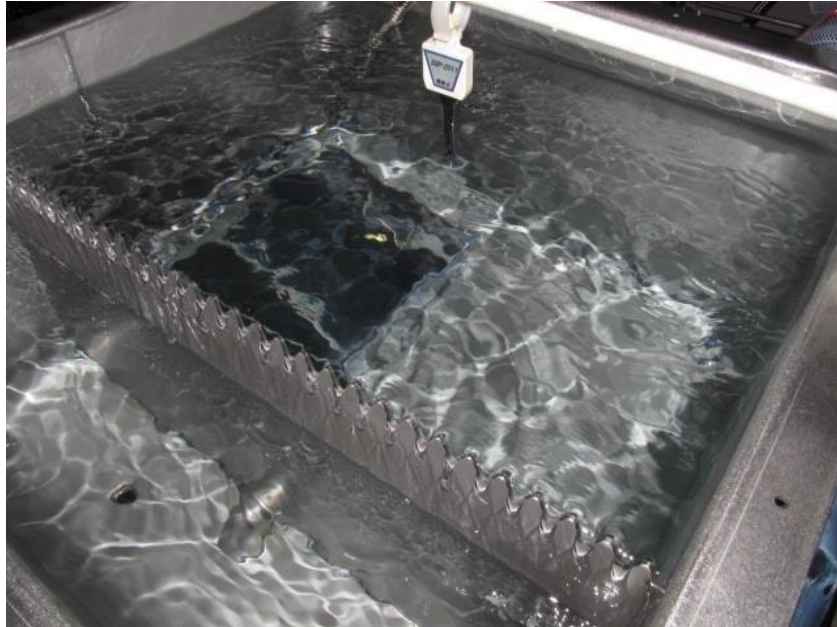
超音波による脱気が進むと、水槽内の液体に、溶存気体濃度の分布が発生する  
その結果、超音波の反射・透過・屈折による、減衰・音圧分布が発生  
気圧の影響により、安定した超音波利用ができない状態になる

**液循環**の必要性、**ファインバブル**の有効性に発展する



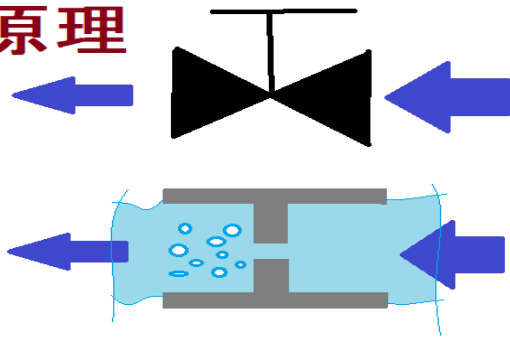
# 現象の追求よりも **工夫・応用・利用** が重要

特開2008-296217 特願2008-164172 超音波洗浄装置 株式会社カイジョー  
特開2008-114141 特願2006-298778 超音波洗浄装置 株式会社カイジョー



超音波の＜**ダイナミック特性を考慮した制御技術**＞

**原理**

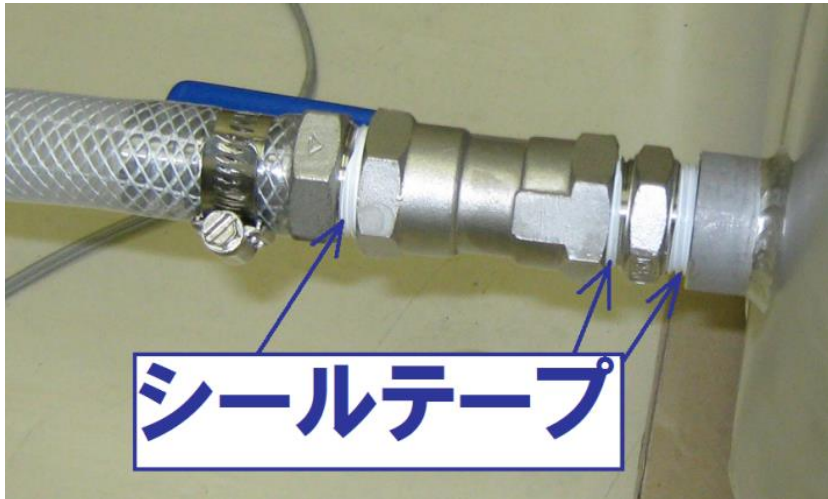


液面付近(液面から10cm下部)の液を  
オーバフロー...で、ポンプが吸い込み  
水槽下部の位置に吐出する  
注:液全体が循環するように

\*ノウハウの公開(**公知です**)\* **ポンプの吸い込み側のバルブを絞る**



**液循環調整バルブ**



**シールテープ**

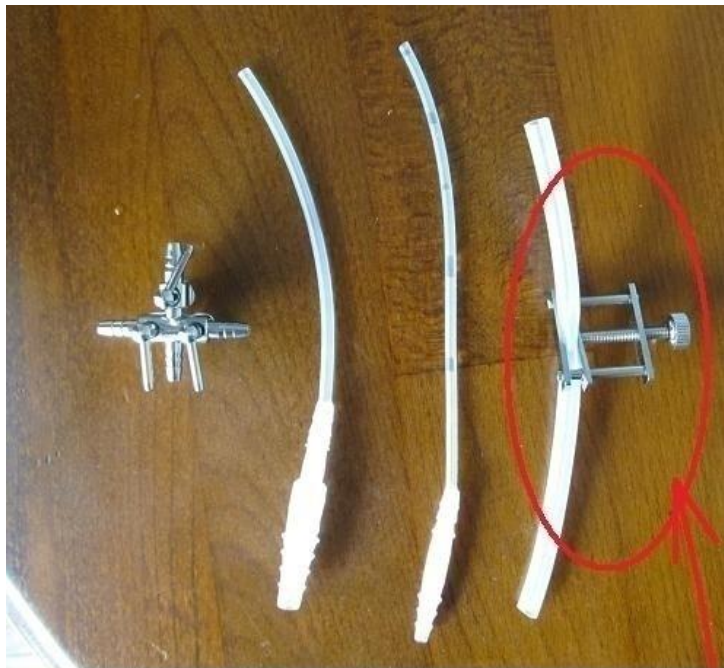


**シーリング材**

脱気・マイクロバブル発生には、適切なシール状態が重要です



ノウハウ 現象の追求よりも  
**工夫・応用・利用が重要**



各種の  
脱気・マイクロバブル発生用具

注意

- 1: 用具なしでも可能です  
(液循環位置の設定)
- 2: 上記写真 **A**  
は使用できません  
(特許に抵触します)

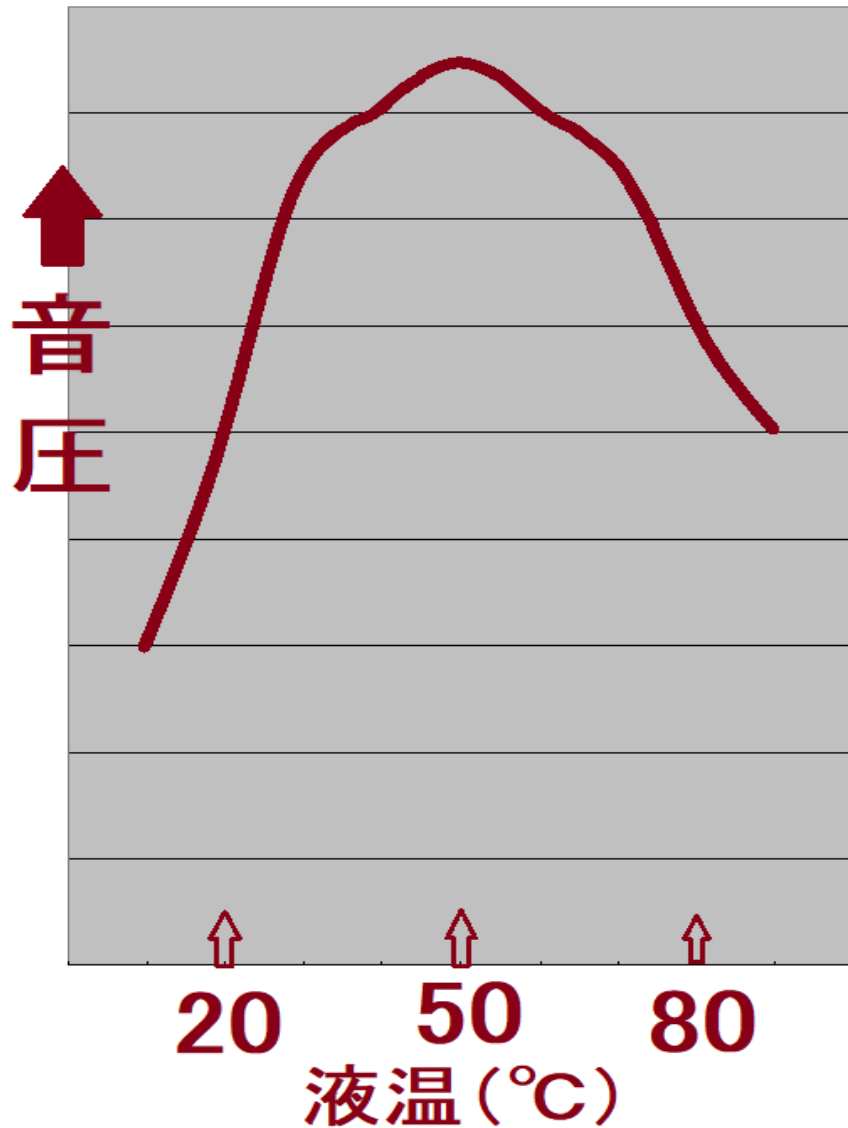
**\* ノウハウの公開 \***

**ポンプの吸い込み側のホース径を細くする**

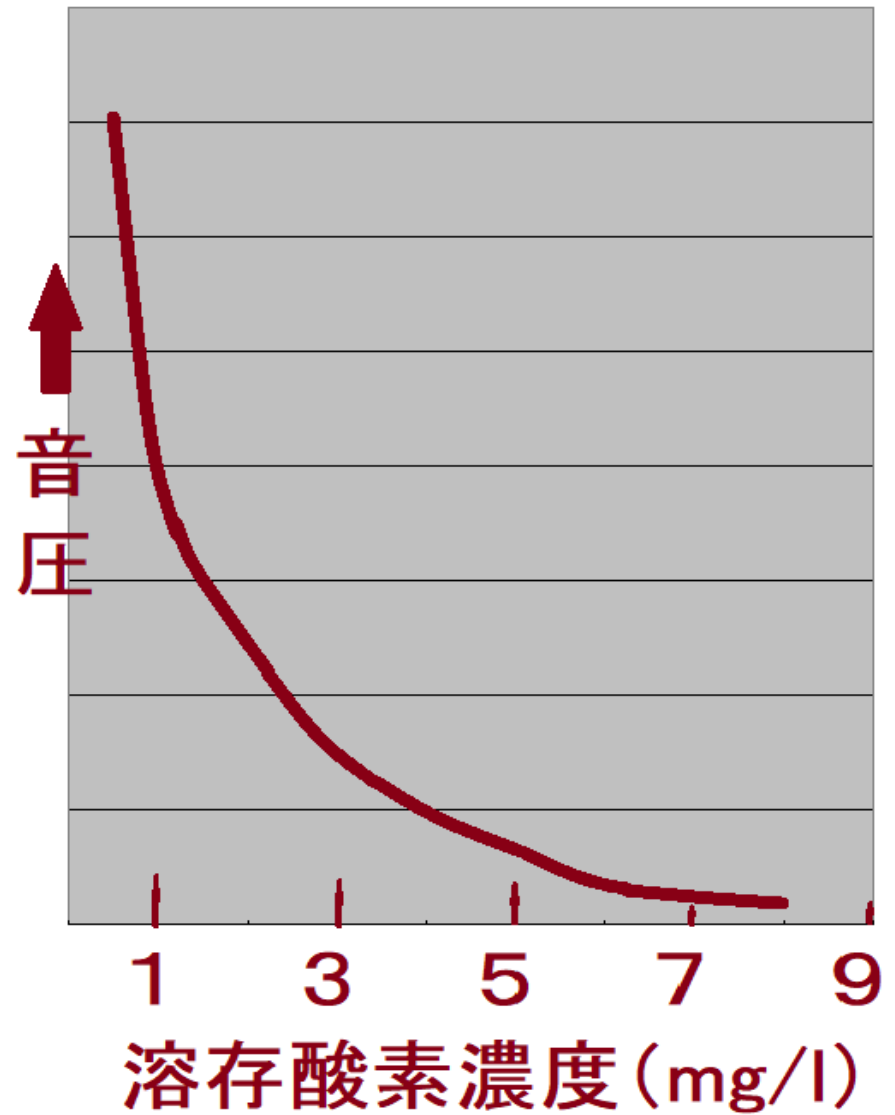


# 超音波の音圧と液温・溶存酸素濃度の実用的な関係

## 液温と音圧



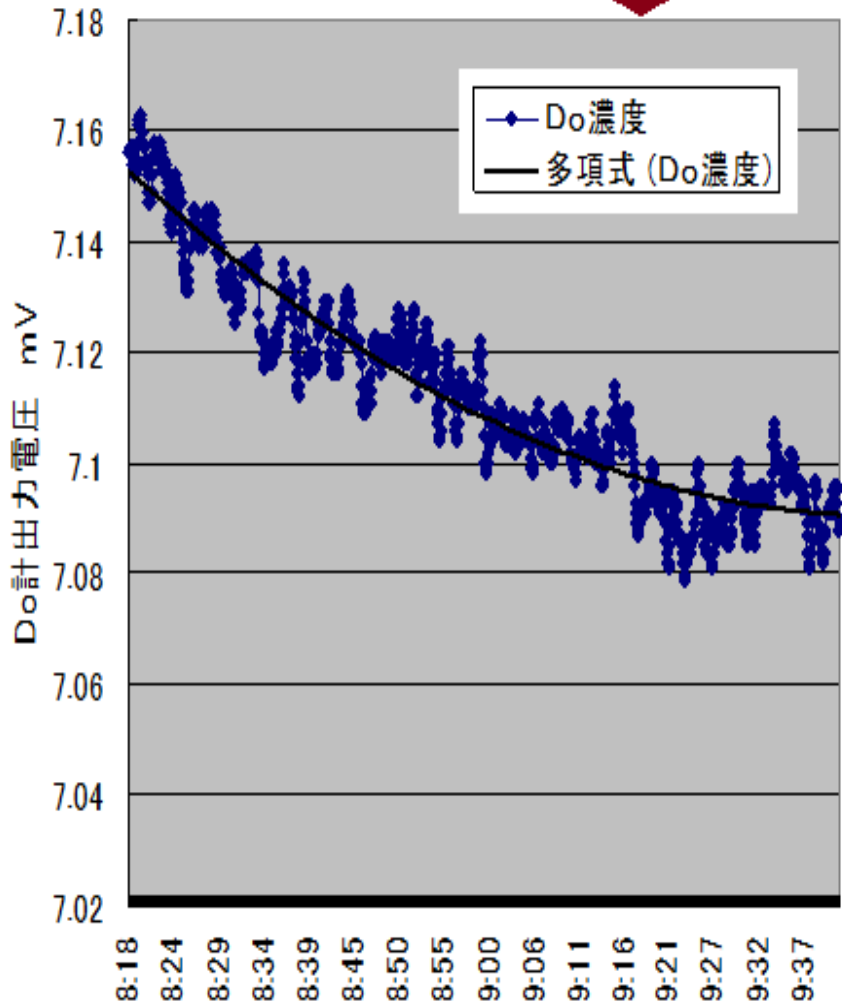
## 溶存酸素濃度と音圧



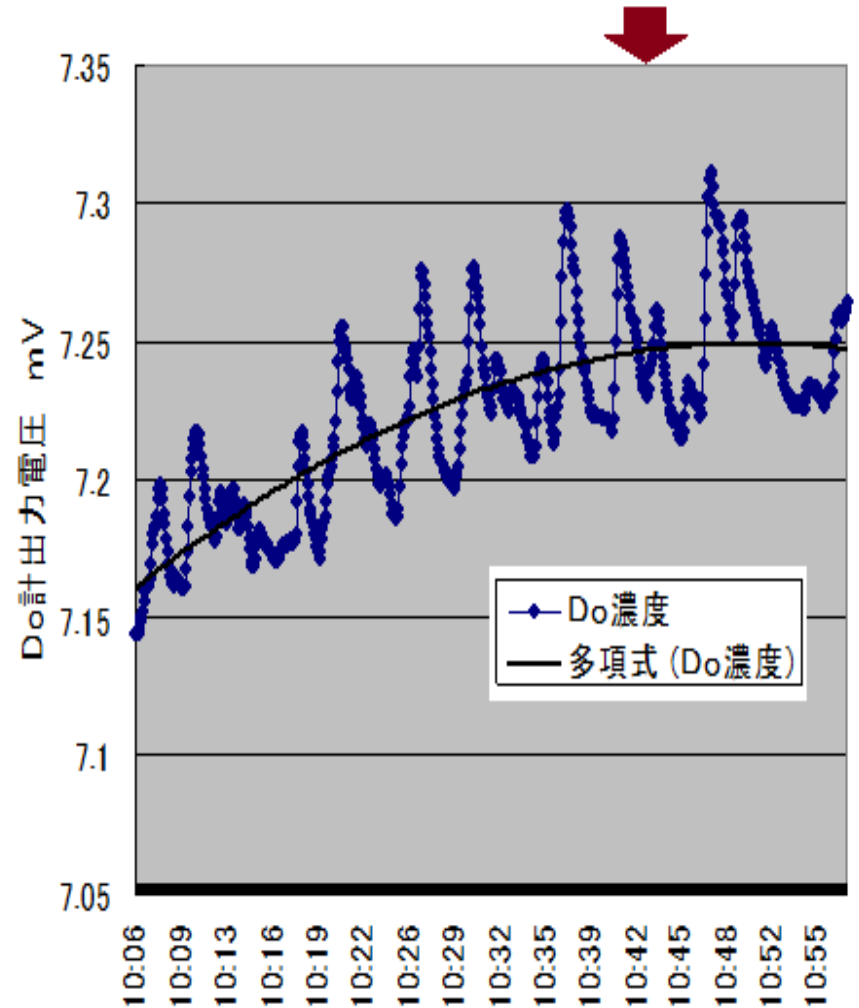


# 脱気装置と液循環装置の設定（最適化）技術

Do濃度の変化(3.7→2.8mg/l) **適切な液循環**

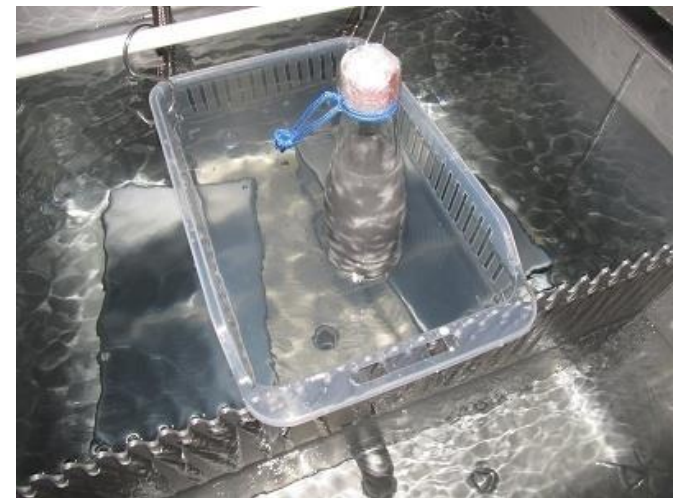
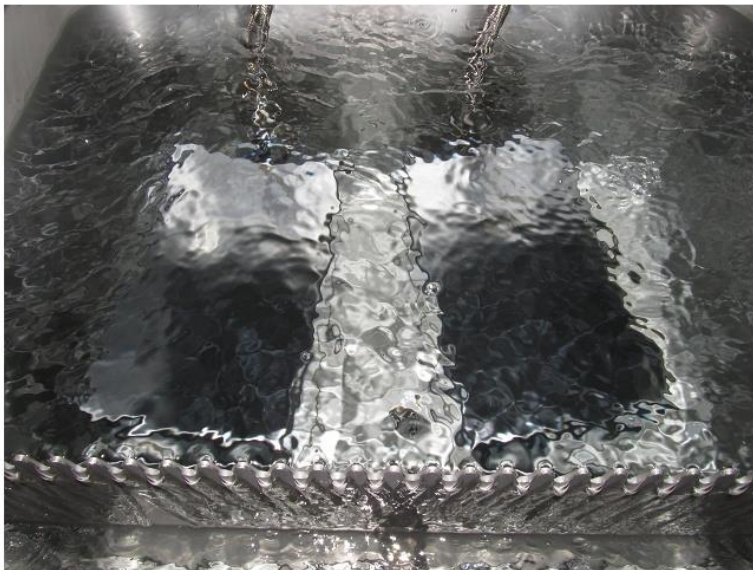
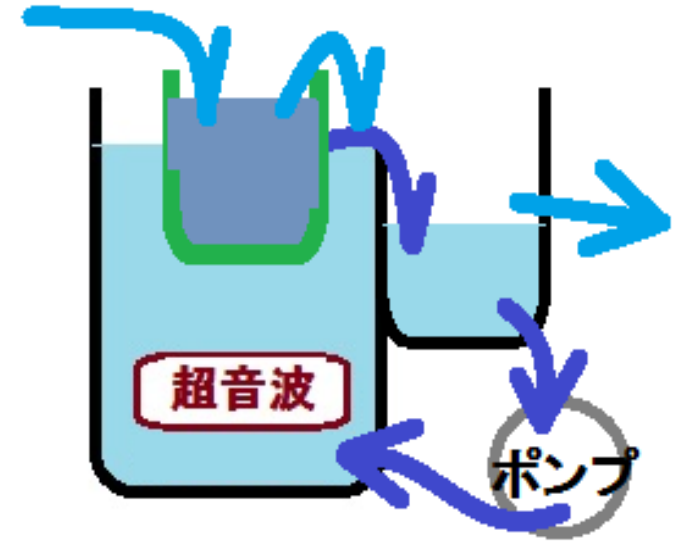
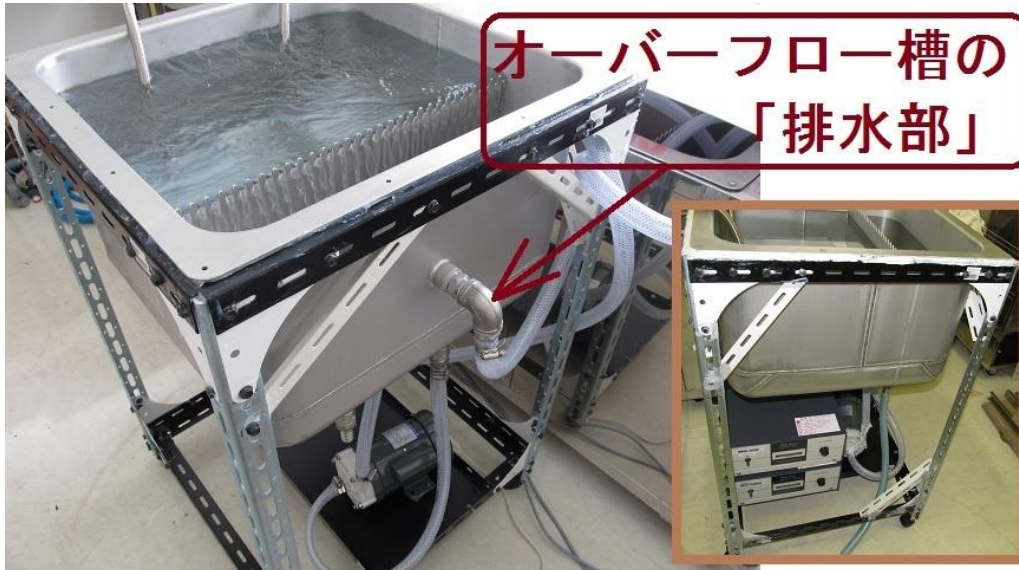


Do濃度変化(3.2→5.2mg/l) **不適切な液循環**



# 洗浄効果実績のある、**推奨**超音波洗浄装置の具体例

水槽寸法(内寸):W530×D530×H370mm





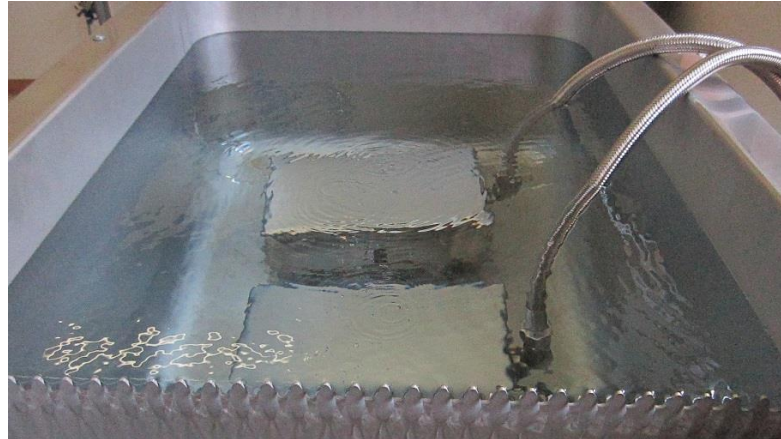
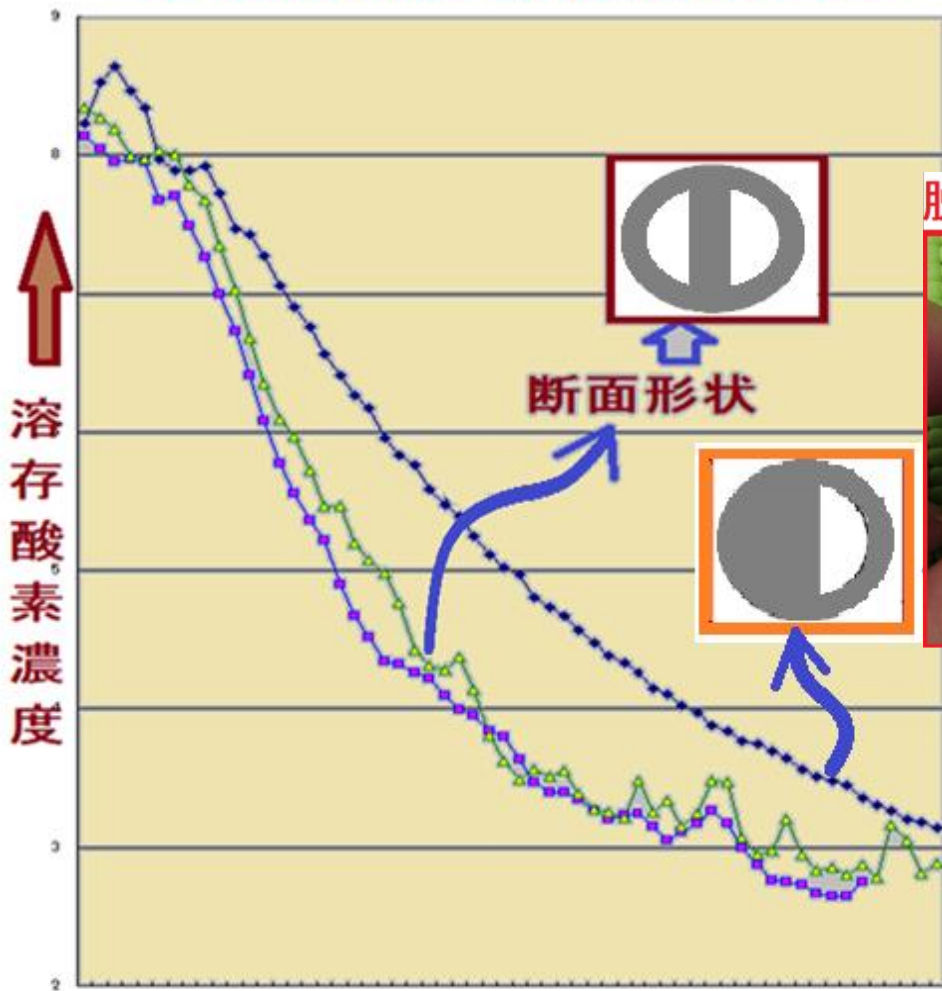
# 特別資料 (ノウハウ部材)





# マイクロバブル (ファインバブル) 発生部の技術

## Do(溶存酸素)濃度の変化



## 脱気ファインバブル発生部材





# 具体例 脱気・マイクロバブル(ファインバブル)発生液循環装置



ブレードホースは  
ポンプのダメージを緩和する効果あります

この部分のバルブ絞りを調整することで  
脱気・マイクロバブルが発生します

特許に抵触しません、公知です

## ノウハウ



マグネットポンプMDシリーズ

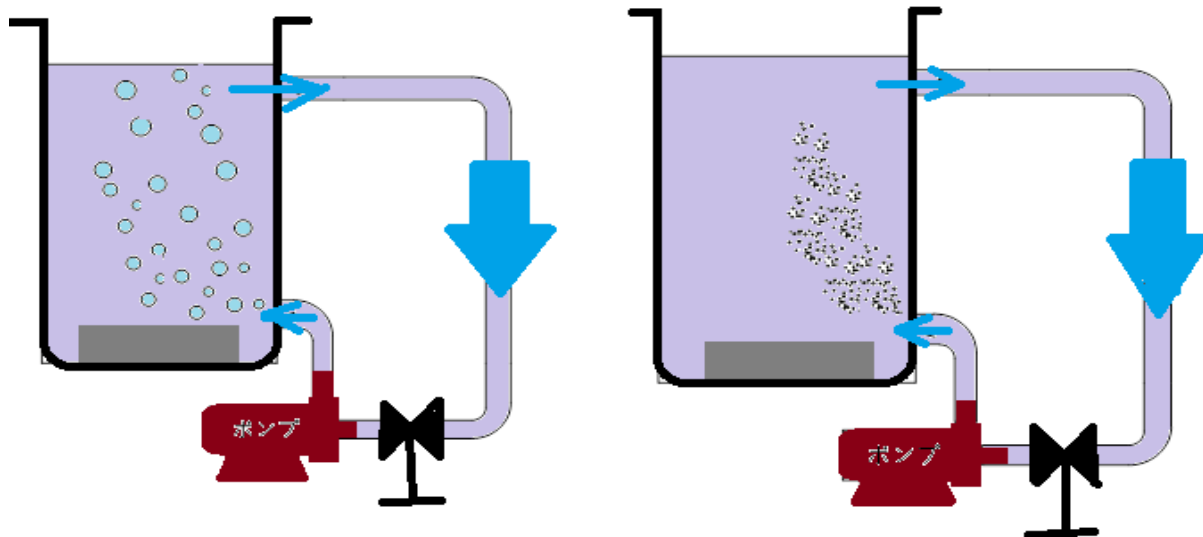


- \* 循環ポンプ ポリプロピレン製 (株式会社イワキ IWAKI CO., LTD.)  
マグネットポンプ MDシリーズ ホース接続 MD-70RZ

CFRPVDF製(溶剤 炭化水素・・・対応用)

マグネットポンプMDシリーズ ホース接続 MD-70RZV ¥66,200(納期2.5ヶ月)

# ノウハウ:脱気マイクロバブル発生液循環装置



運転開始時

ファインバブル発生時

水槽構造・サイズ  
に合わせた  
バルブ位置の  
設計(注)には  
高い技術レベルが  
要求されます

注

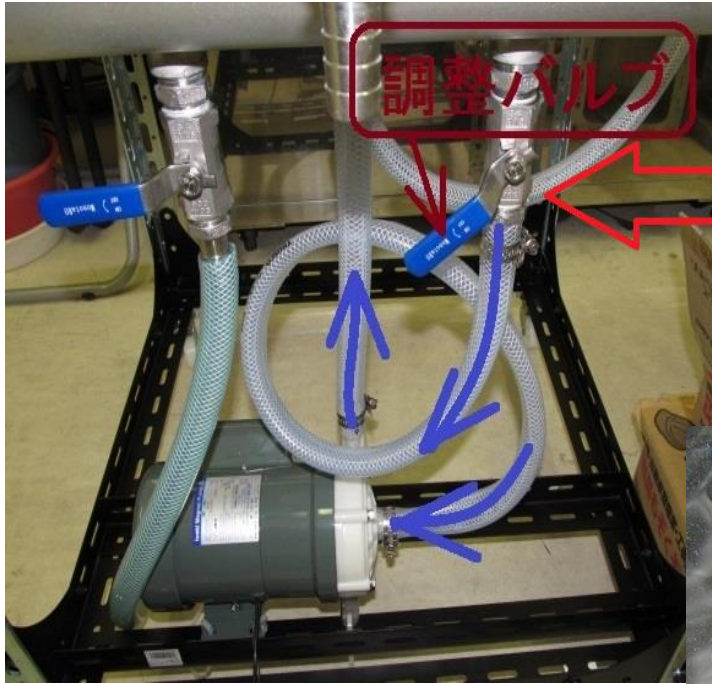
ポンプの台数  
ONOFF制御条件  
超音波条件  
(出力、周波数、制御)



液面付近の液をポンプで吸い込み  
水槽下部の位置(吸い込み位置の対角線部)に吐出する



# ノウハウ: 脱気マイクロバブル(ファインバブル)発生液循環装置



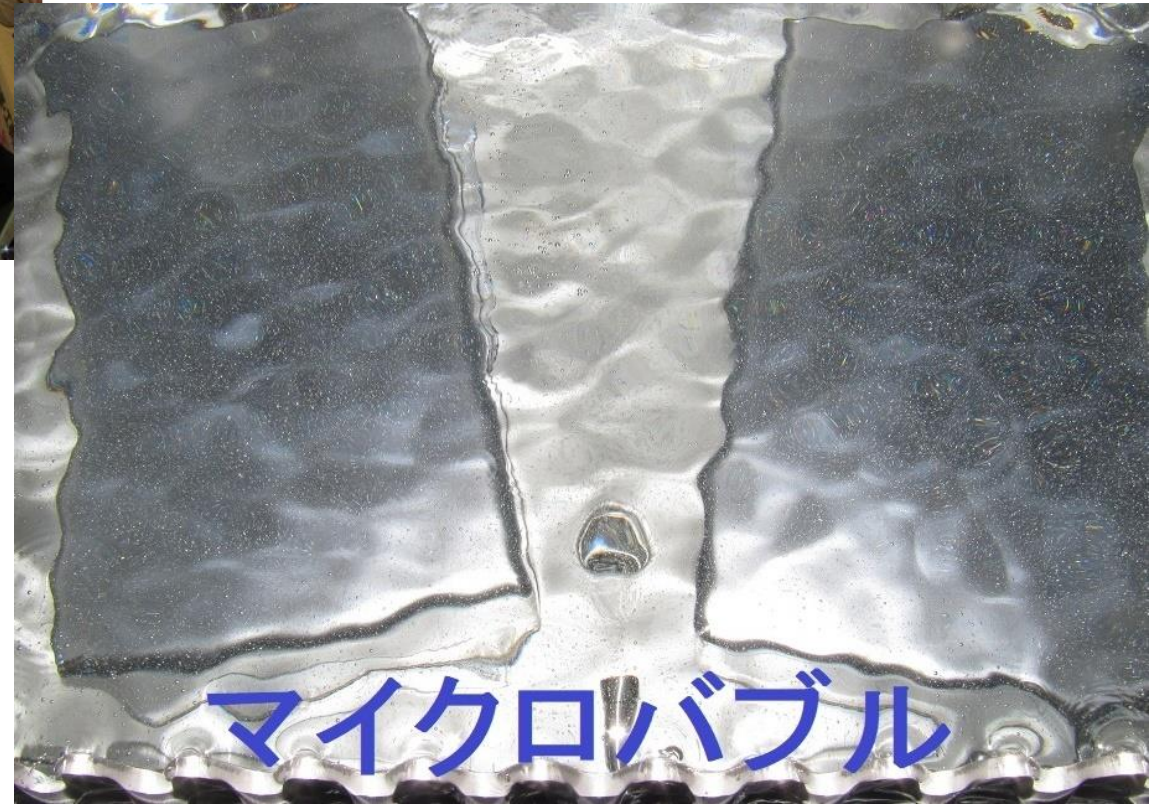
調整バルブ

マグネットポンプの  
吸い込み側の  
バルブ(配管)を絞る



脱気ファインバブル発生部材

塩ビ    テフロン



マイクロバブル