

# 洗浄で使われる超音波

## 精密洗浄に超音波・ファインバブルが利用される理由

### 1: 洗浄液の均一化

(溶存酸素濃度、洗剤濃度・・・核種濃度分布の均一化)

### 2: 超音波(キャビテーション・音響流)の制御

(均一な液体に対する

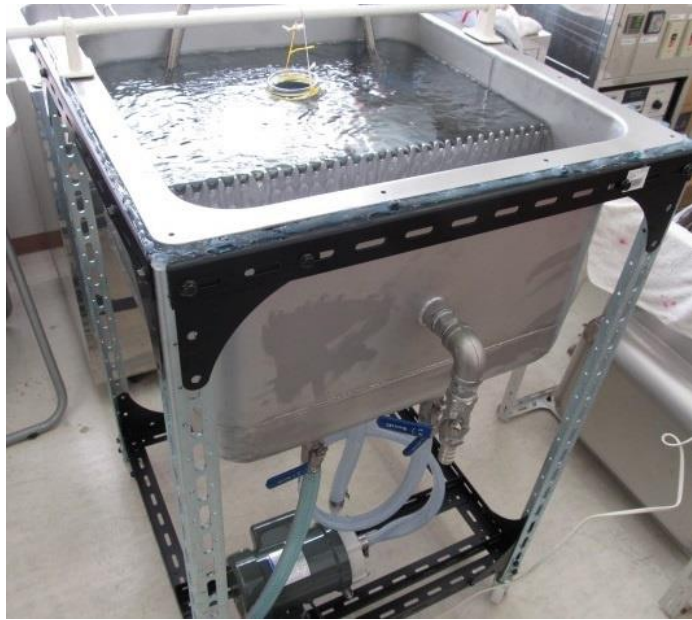
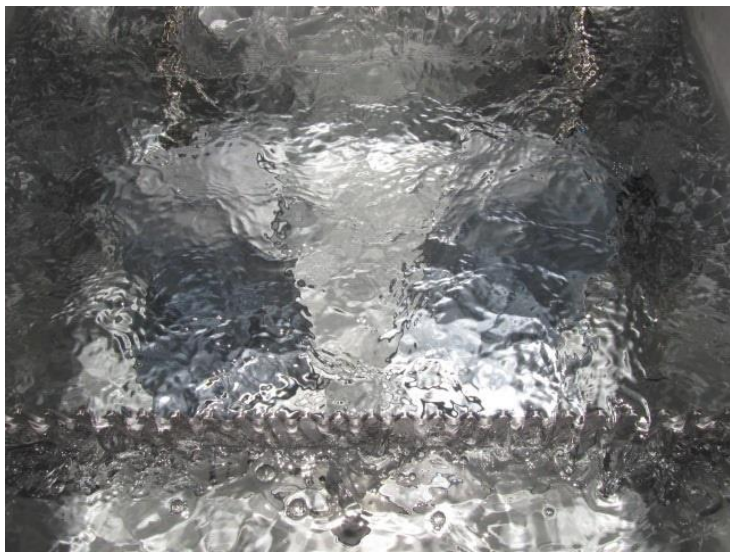
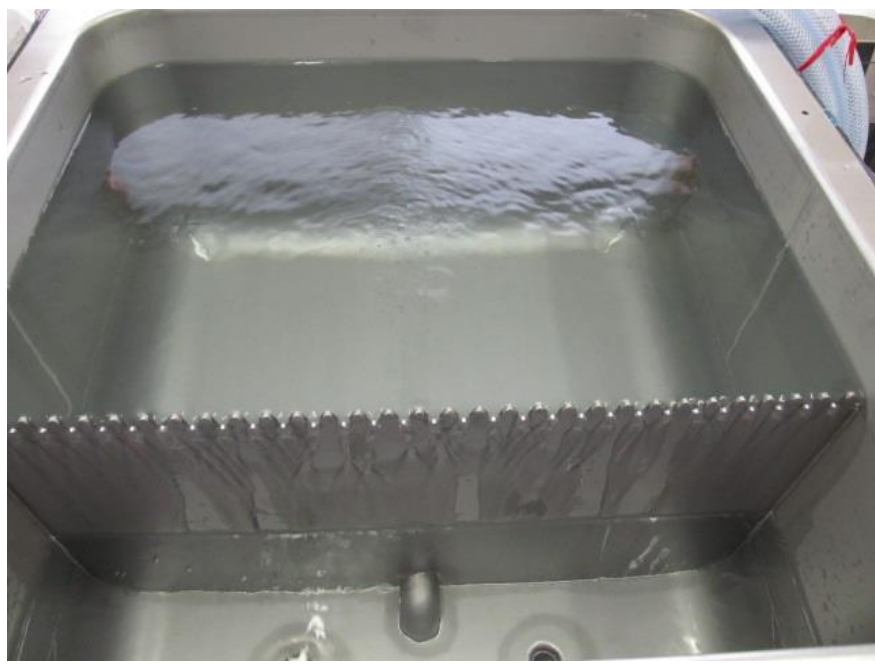
効率の高い超音波伝搬状態を利用した  
目的に合わせた超音波のコントロール)

超音波の利用ノウハウ

## マイクロバブル発生システム

(脱気ファインバブル発生液循環装置)

# 脱気ファインバブル発生液循環装置

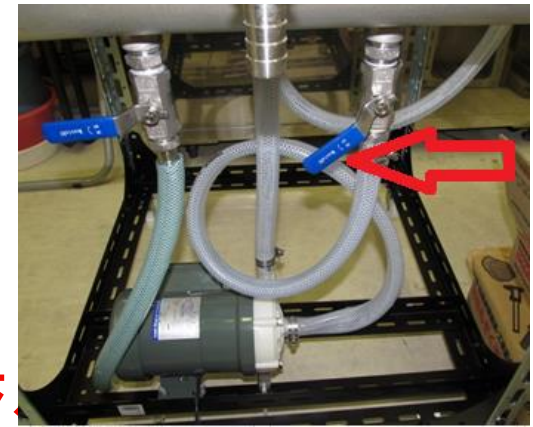




# 超音波の利用ノウハウ

## 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)

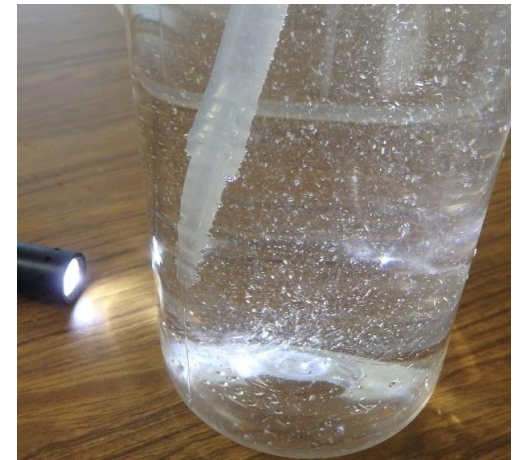
- 1: 揚程の高さとバルブの絞り状態の設定
- 2: 超音波の発振制御

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)

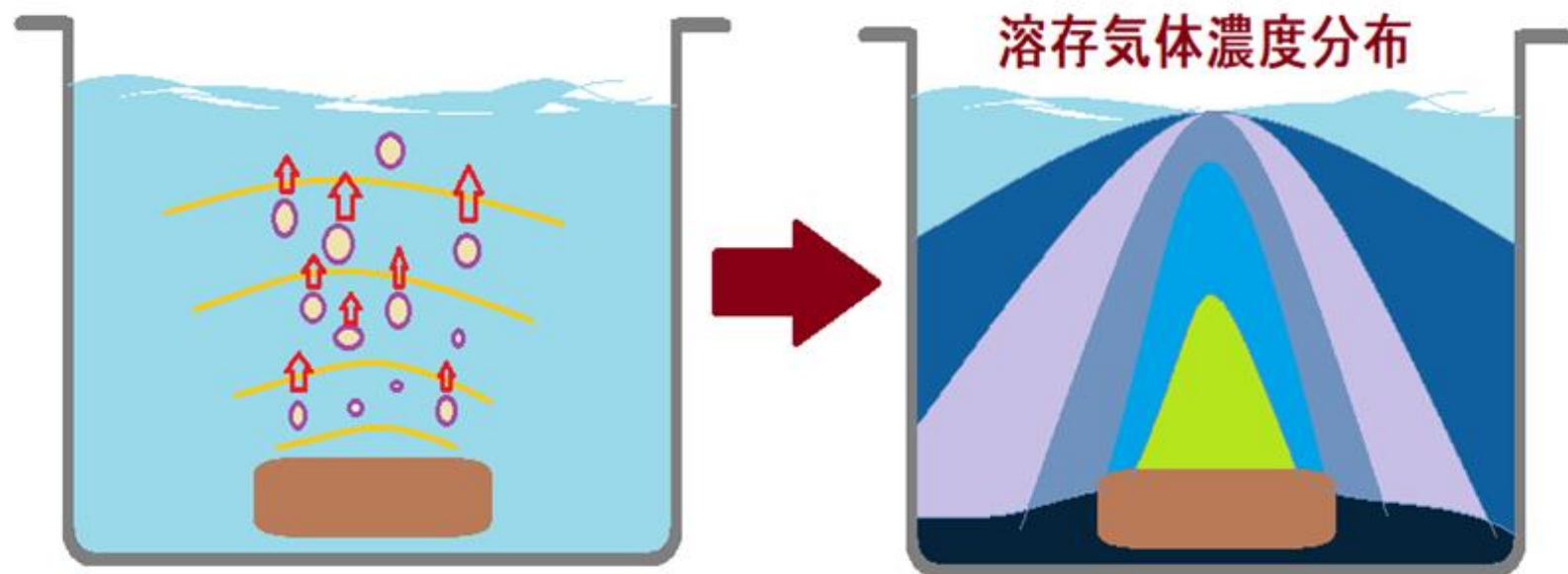
特許の問題はありません(公知とされています)

**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

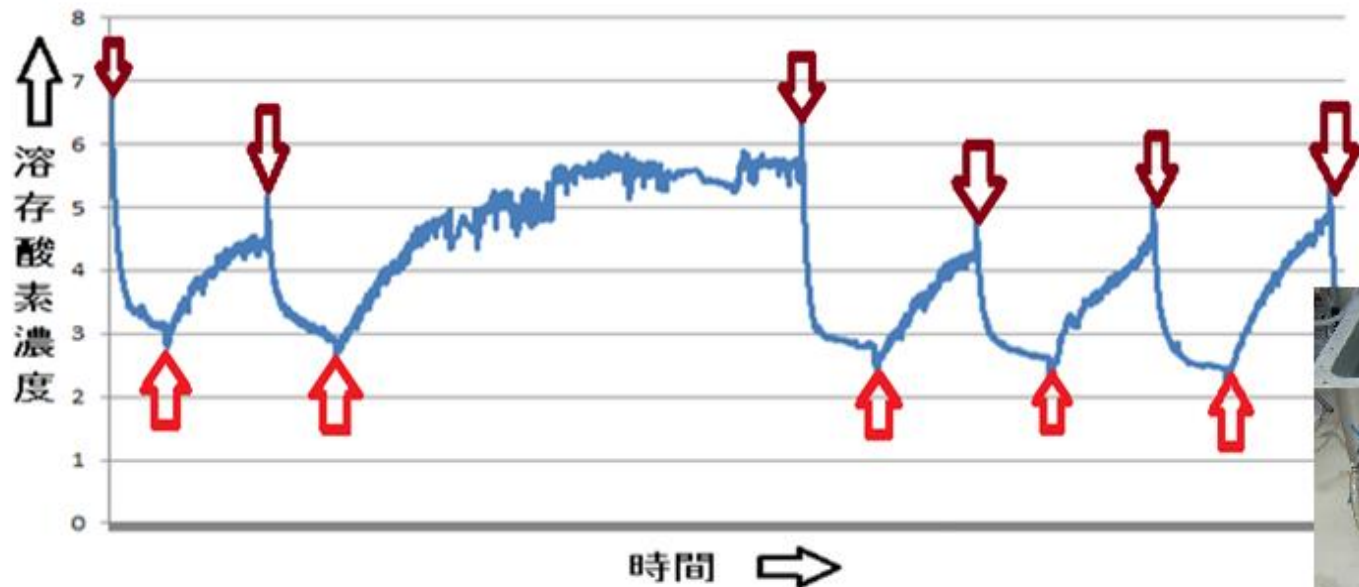
- 1) **キャビテーション**により(溶存気体を含んだ)気泡が発生
- 2) 気泡の浮力と**音響流**により、気泡が液面に向かった流れが発生
- 3) 液面から気泡が出ていくことで脱気が起こる



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

### 溶存酸素濃度の変化

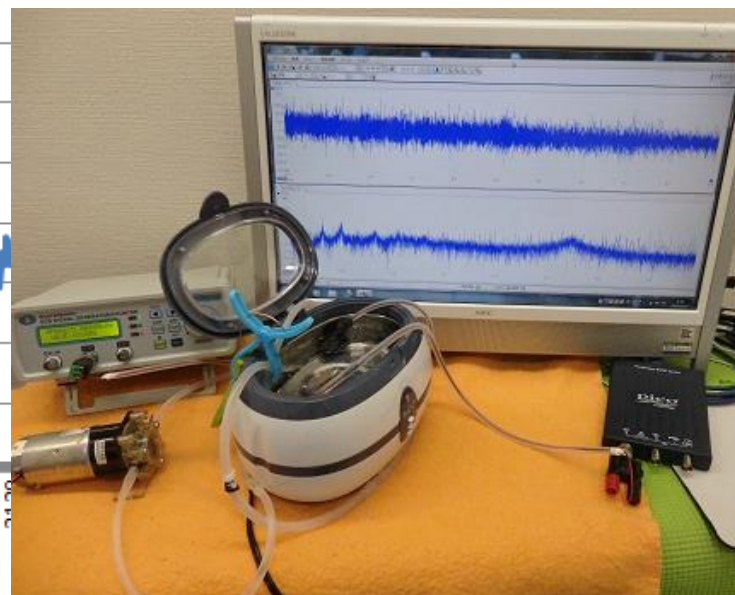
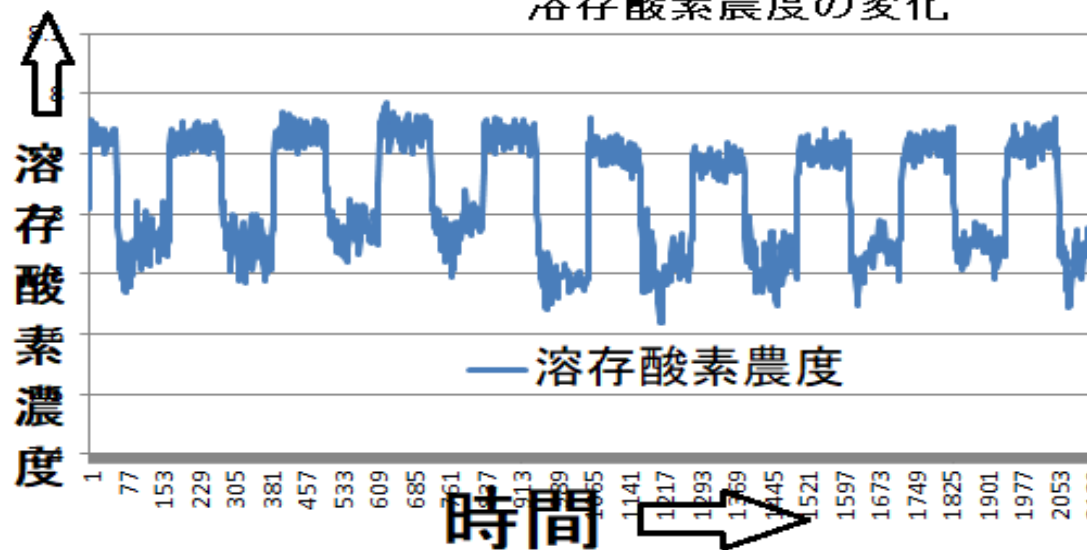


脱気ポンプ運転

脱気ポンプ停止



### 脱気ファインバブル発生液循環装置のONOFF 制御による 溶存酸素濃度の変化



インターフェックス ジャパン  
2011. 06. 30

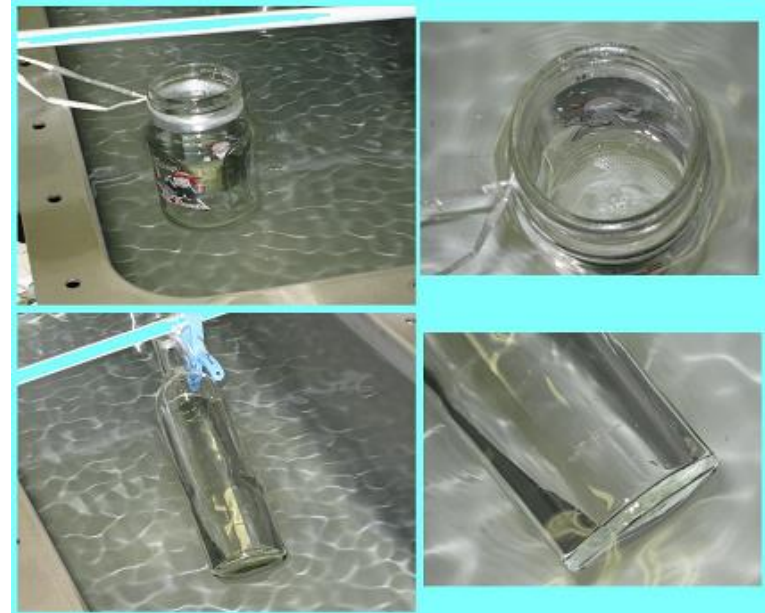
マイクロバブル

インターフェックス ジャパン  
2011. 07. 01

ナノバブル

安定性・均一性の違い

ナノバブルの効果！！  
新しい応用技術の発展



均一な超音波照射により  
一つのガラスによる  
反射・屈折・透過の影響が  
「水槽全体に広がる」  
\*\* 超音波制御の基礎 \*\*

洗浄液の均一化ができていると  
制御は簡単になります

# \* マイクロバブルの性質 \*

ノウハウ

- 1) 10 $\mu$ m程度の気泡は1mをおよそ3時間かけてゆっくり上昇する。
- 2) 発生した気泡同士は非合体で単独に存在することから、分散性に優れている。
- 3) 水の中をゆっくりと浮上し、**微小なゴミを吸着して水面に浮上させる**性質をもっている。
- 4) マイクロバブルに強い超音波をあてると微細な泡は70度にまで発熱。  
その熱を使ってがん細胞を焼くという挑戦が始まっている。
- 5) マイクロバブルは自ら収縮し、より小さい「ナノバブル」に変化するという重要な性質がある。
- 6) ゆるやかな流動と広範囲の拡散特性を有する。
- 7) 固有の物理化学的特性を有する。
- 8) 生体に対して生理活性を誘起する。
- 9) 有機物の混入は、泡の界面の粘性を増加させ、泡の寿命を長くする。
- 10) マイクロバブルのほとんどは、**マイナスの電位**を有している。
- 11) 一般に**温度が低いほど発生量は多く**、高くなると少なくなる。
- 12) マイクロバブルの圧壊の過程で水中のイオン類が気泡周囲に濃縮することで、静電的な反発力を生じ、気泡が完全に消滅することを抑制している。(マイクロバブルの圧壊とは、物理的な刺激(水の流動過程で生じる圧縮や膨張、渦流等)を加えることでマイクロバブルが急激に断熱圧縮する現象であり、超高圧・超高温の極限反応場を形成する。  
この極限反応場により周囲の水分子が分解されて・OHなどのフリーラジカルを形成する。)
- 13) **マイナスの電位**は水のpHに依存している。
- 14) マイクロバブルは**超音波の散乱特性**が優れている。
- 15) マイクロバブルは**超音波照射の際に共振現象**として崩壊する。

以上の性質は今後さらに解明されていくと思われませんが、現状では不明な点を多く含んでいます



# 現象の追求よりも **工夫・応用・利用** が重要

## 特許情報プラットフォーム

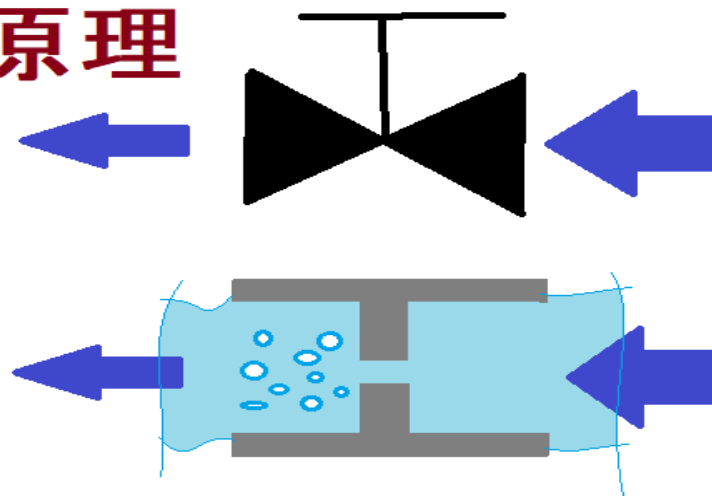
特開2008-296217 特願2008-164172 2008/06/24 2008/12/11  
超音波洗浄装置 株式会社カイジョー

特開2008-114141 特願2006-298778 2006/11/02 2008/05/22  
超音波洗浄装置 株式会社カイジョー

洗浄槽1  
W1014×D514×H477mm



## 原理

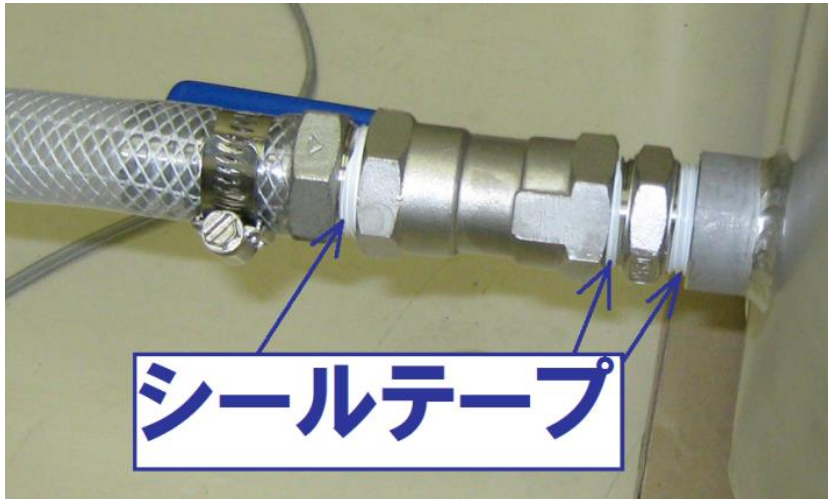


液面付近(液面から10cm下部)の液を  
ポンプで吸い込み  
水槽下部の位置  
(吸い込み位置の対角線部)に吐出する

\* 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**



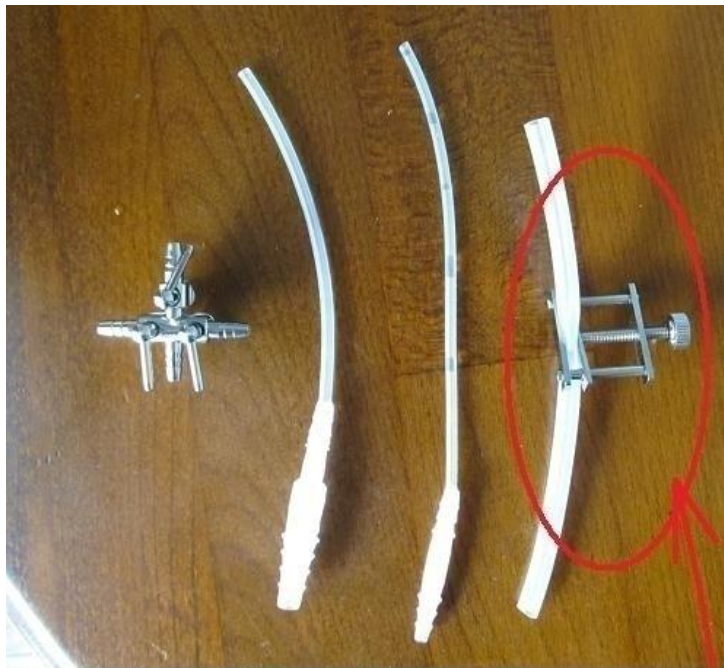
**シールテープ**



**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)

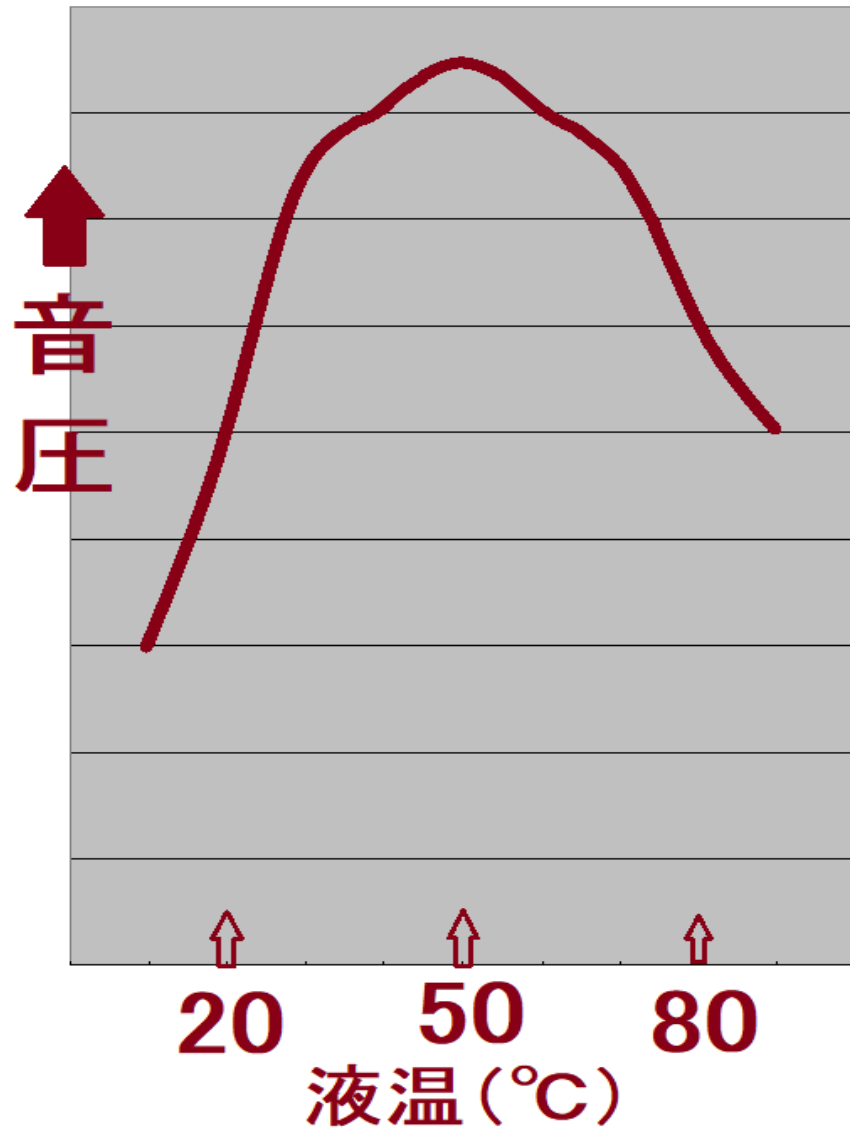
**\* ノウハウの公開 \***

**ポンプの吸い込み側のホース径を細くする**

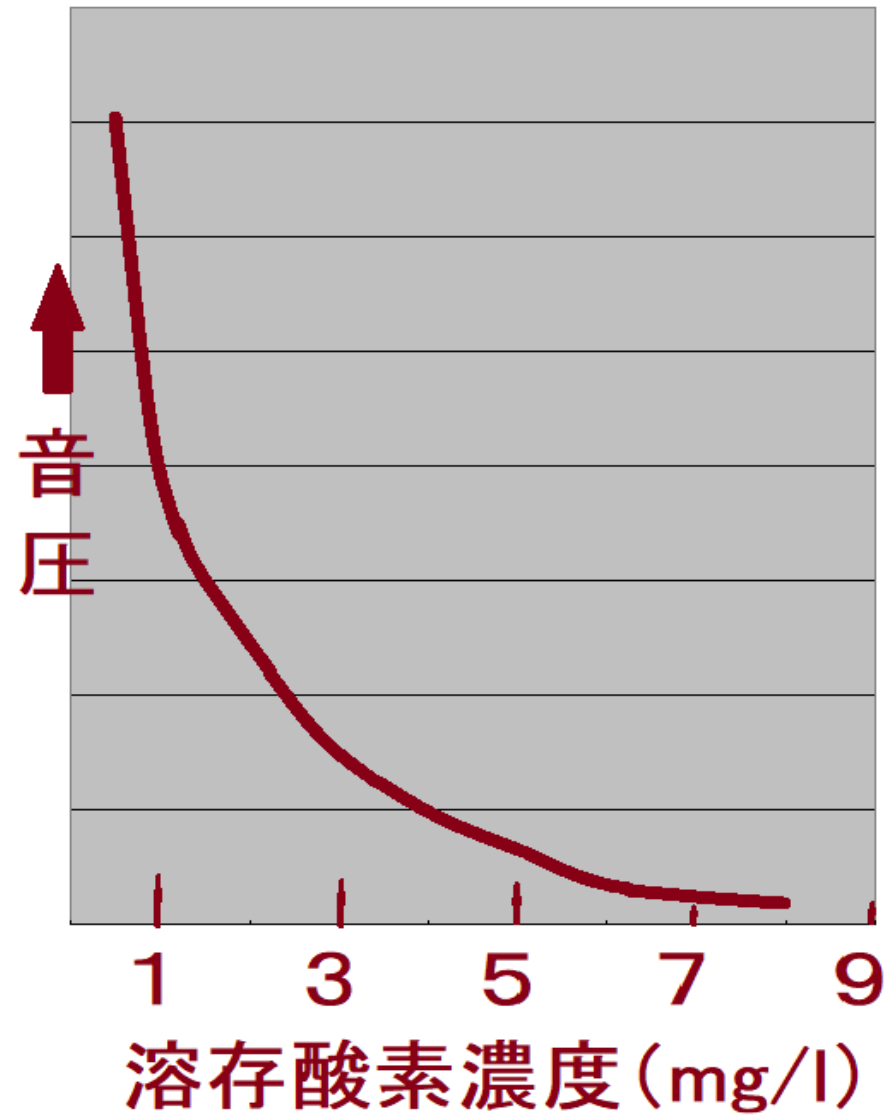


# 超音波の音圧と 液温・溶存酸素濃度 の関係

## 液温と音圧



## 溶存酸素濃度と音圧



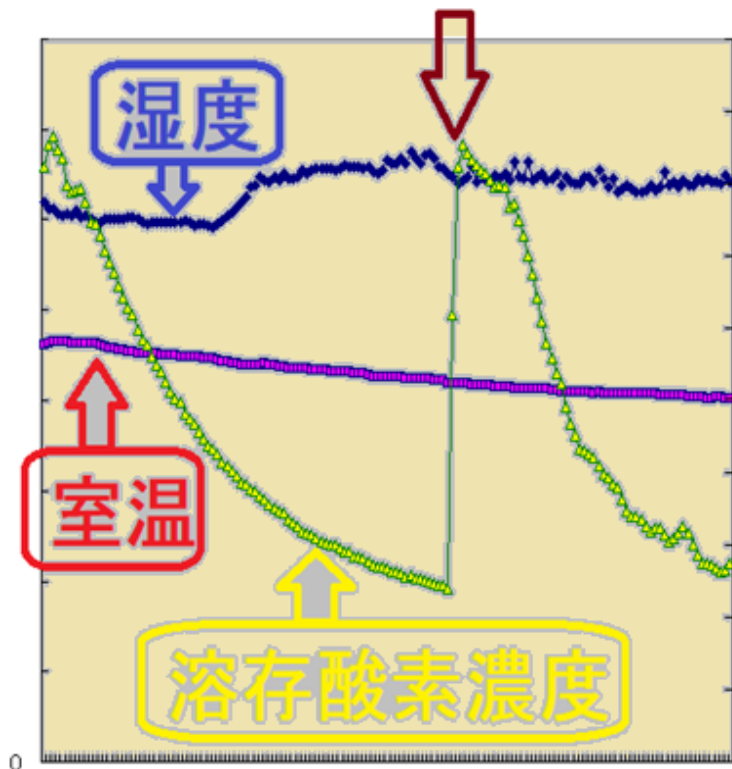
# 脱気ファインバブル発生液循環システムによる

## 溶存酸素濃度安定化の重要性

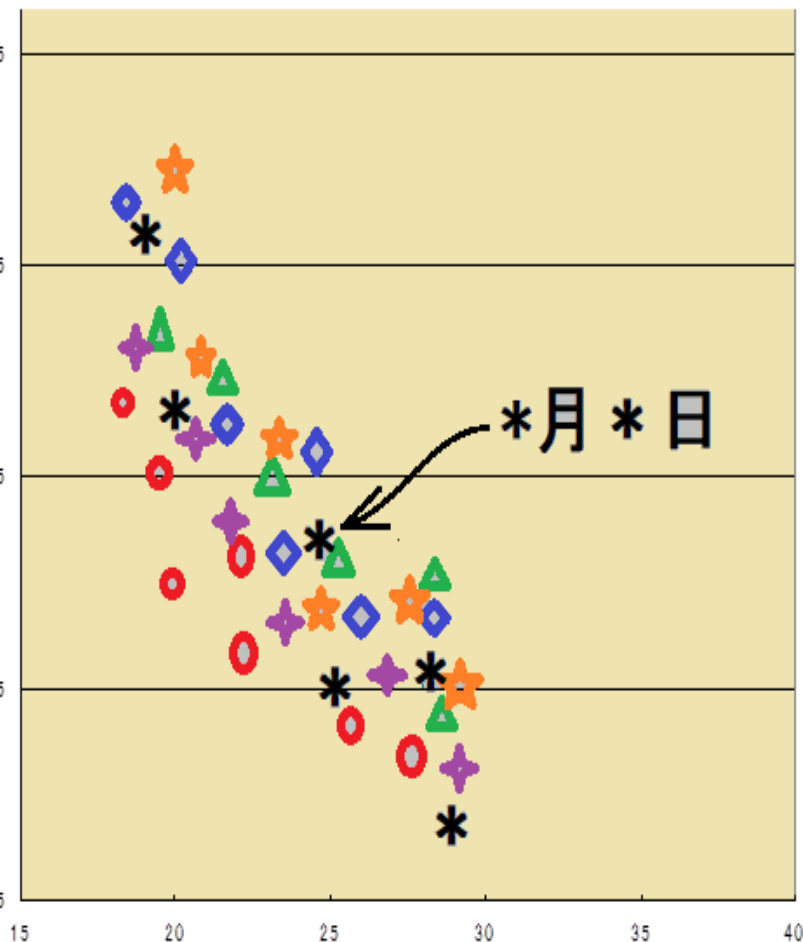
ポイント: 水槽内の液全体に対する、液循環・脱気ファインバブル発生

### 溶存酸素濃度の変化

ポンプの運転停止



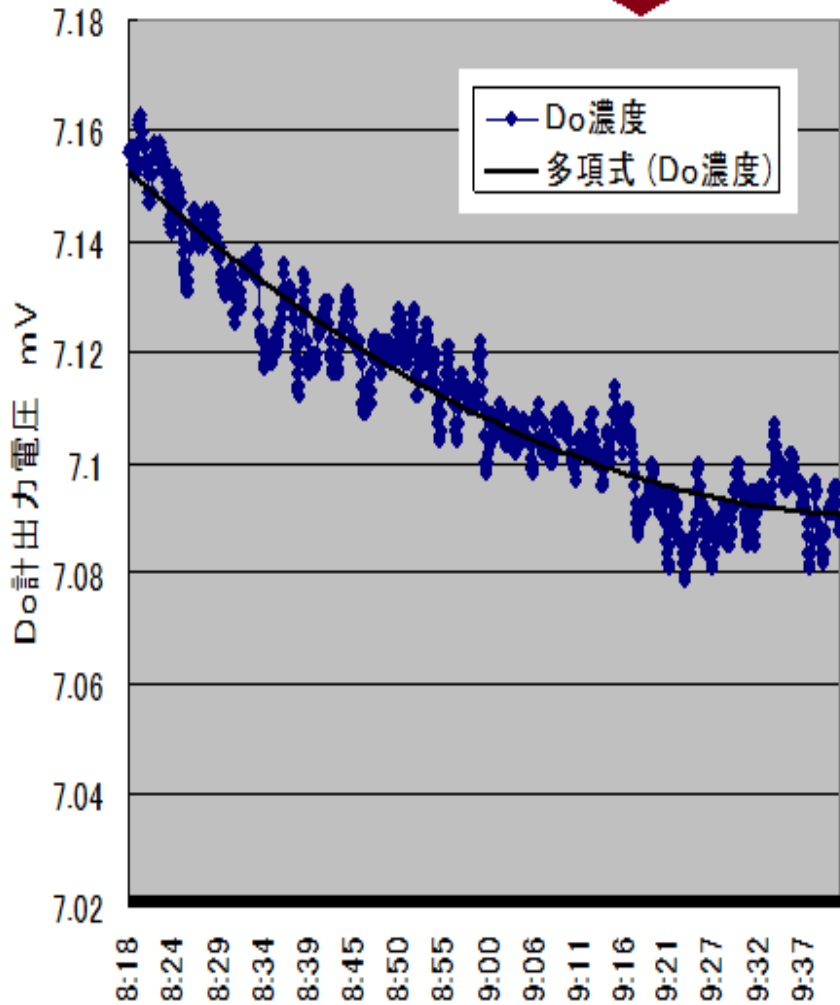
縦軸  
溶存酸素濃度



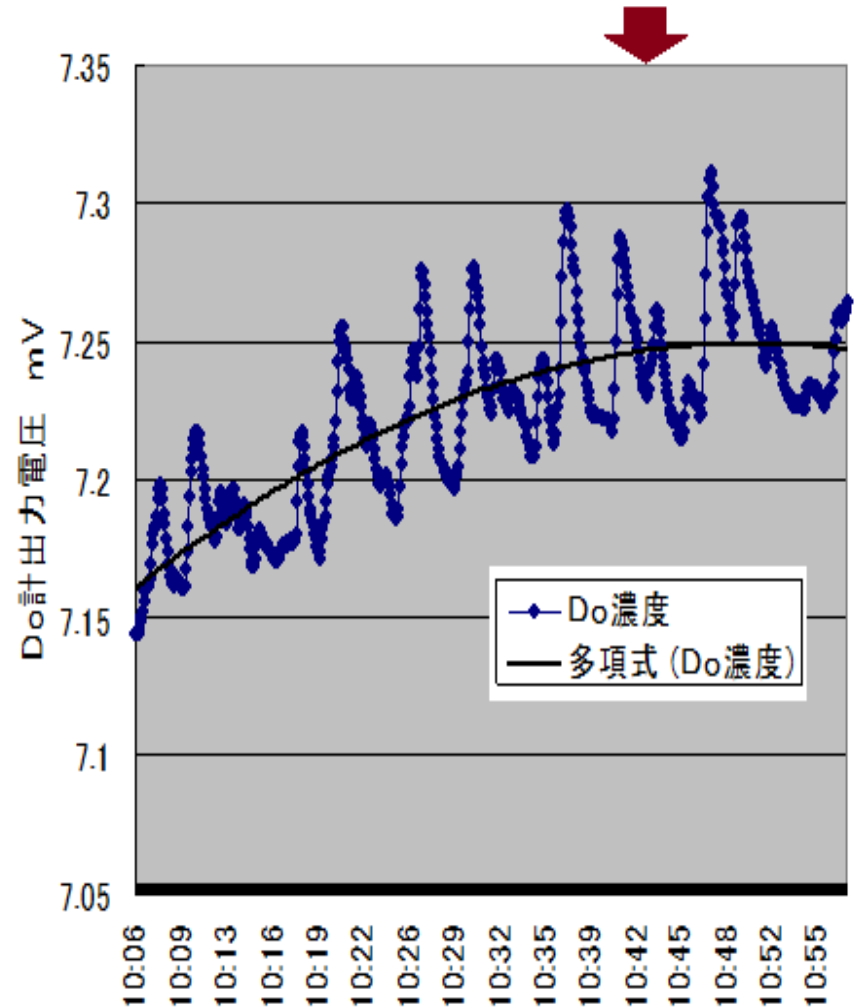
横軸: 液温

# 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**

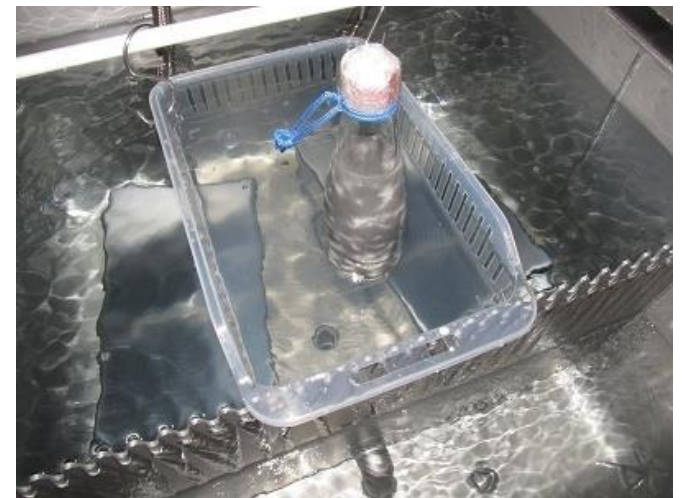
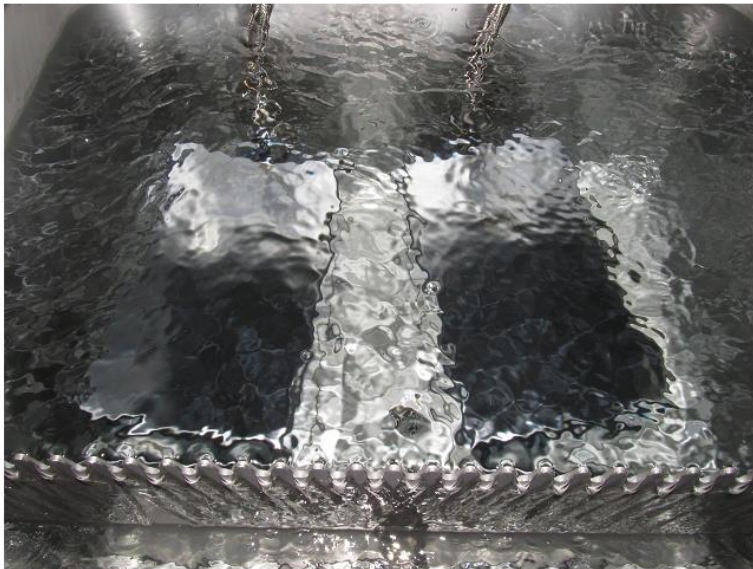
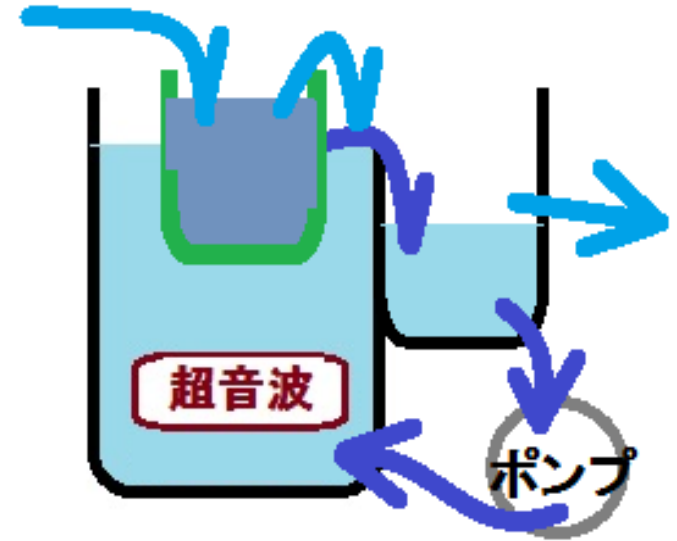
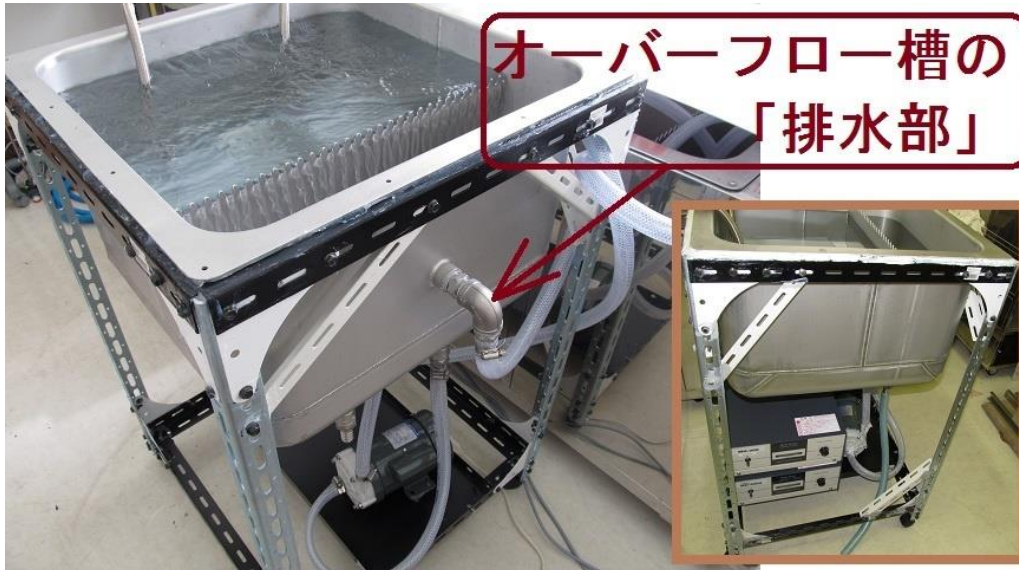


Do濃度変化(3.2→5.2mg/l) **不適切な液循環**



# 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



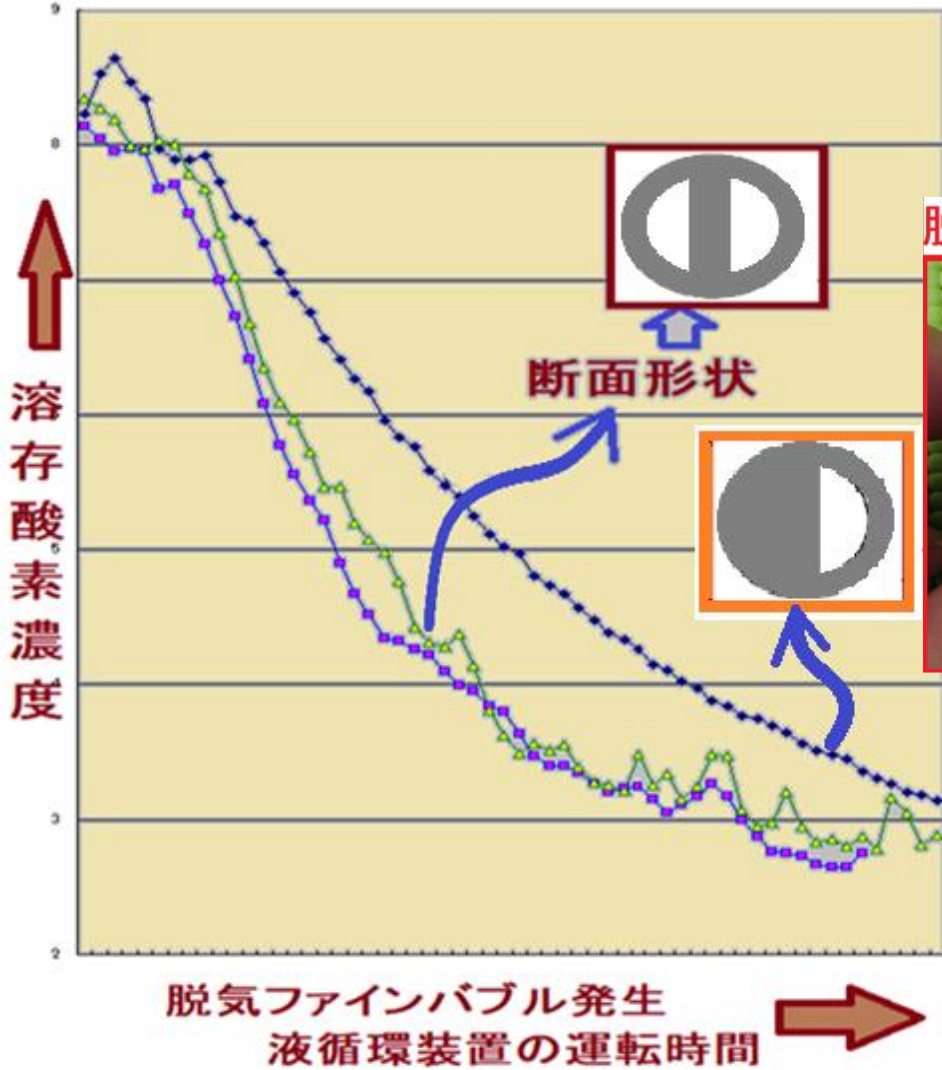
# 特別資料（ノウハウ部材）





# 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

洗浄槽1

W1014×D514×H477mm



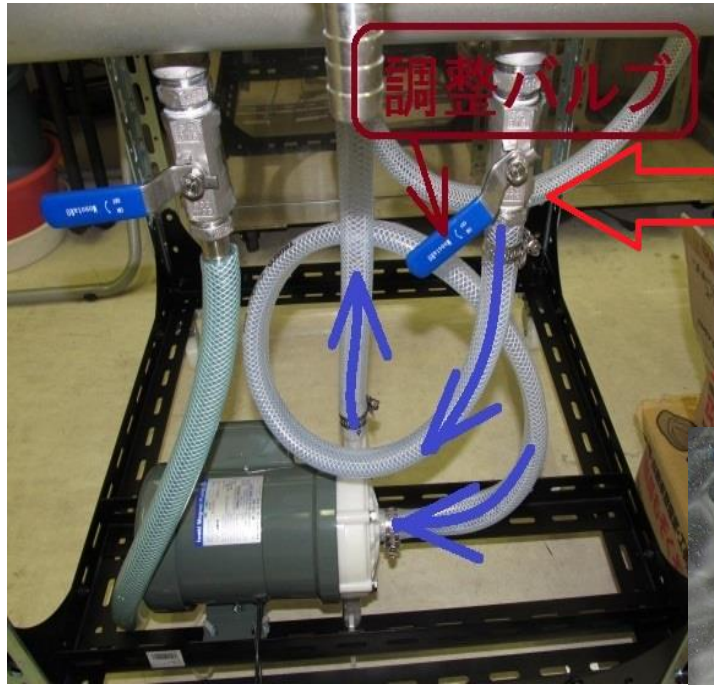
水槽構造・サイズ  
に合わせた  
バルブ位置の  
設計(注)には  
高い技術レベルが  
要求されます

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(液面から10cm下部)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



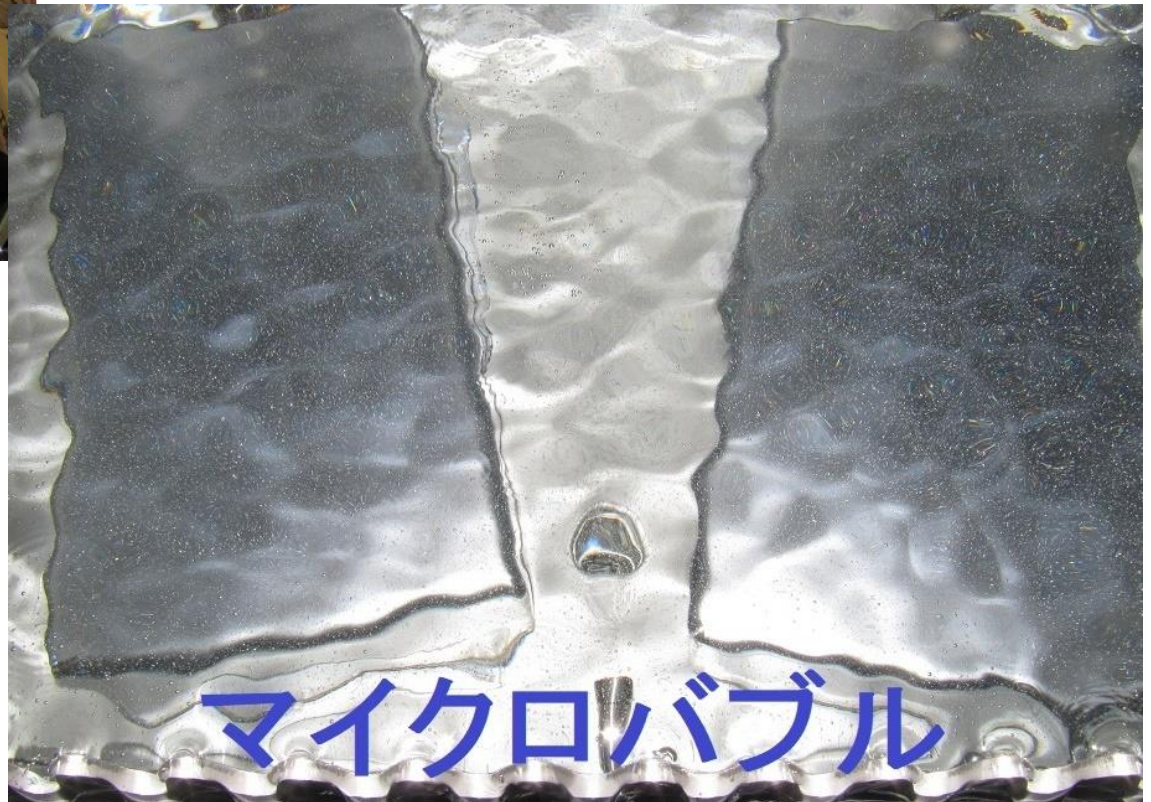
調整バルブ

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

# 注意事項：脱気マイクロバブル発生液循環装置



液循環：吐出側ホース位置  
オーバーフロー側・下部から  
対向面に向けて吐出

オーバーフロー形状  
水槽溶接部は  
谷から始まること

ポイント

オーバーフロー流れ

**均一化・安定性**

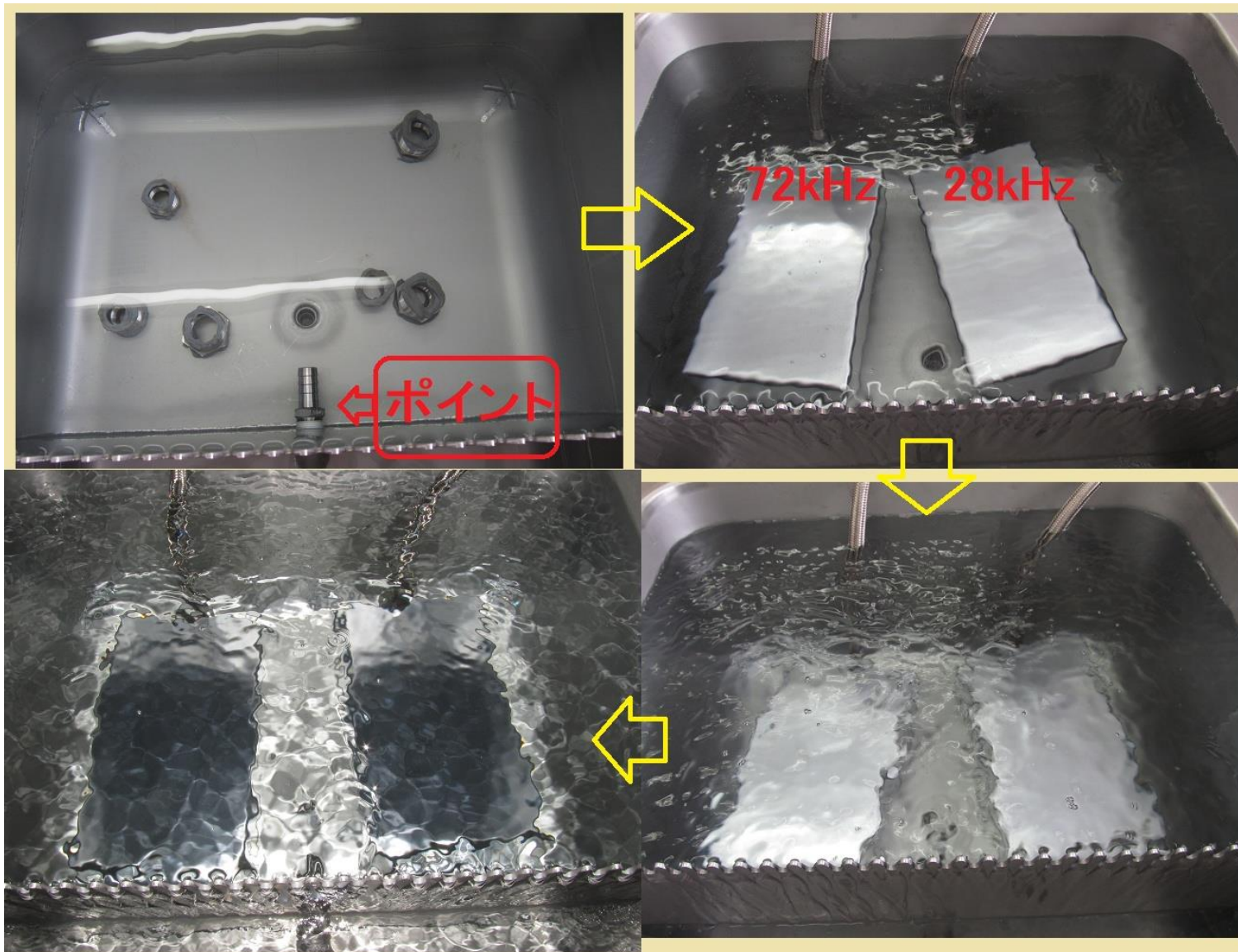
洗浄効果に合わせた変化



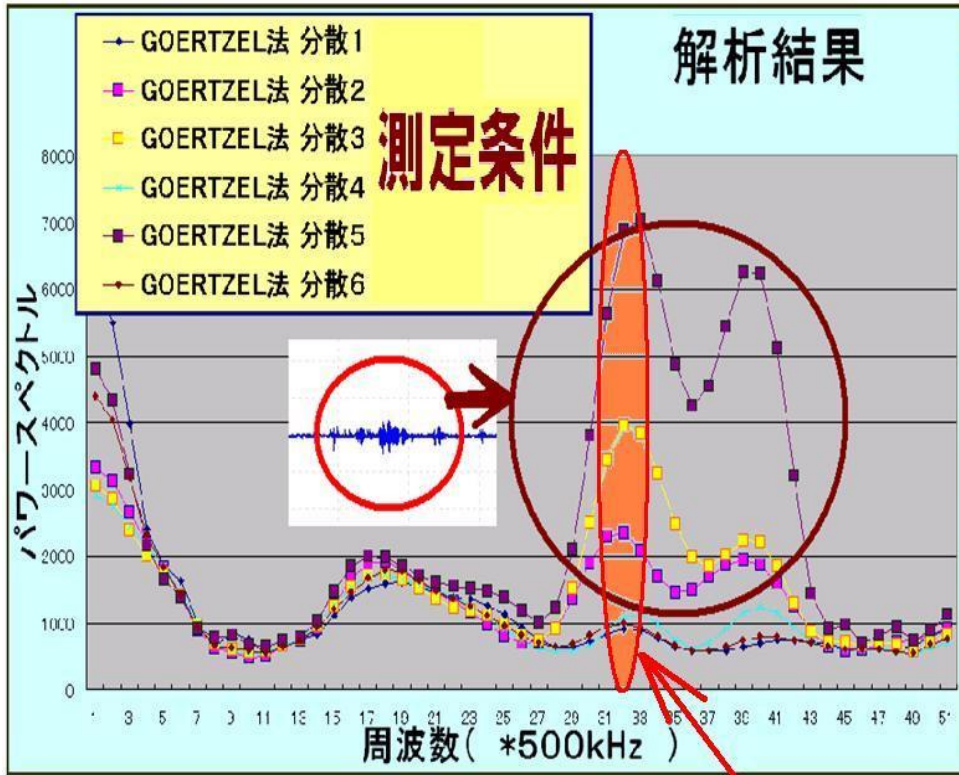
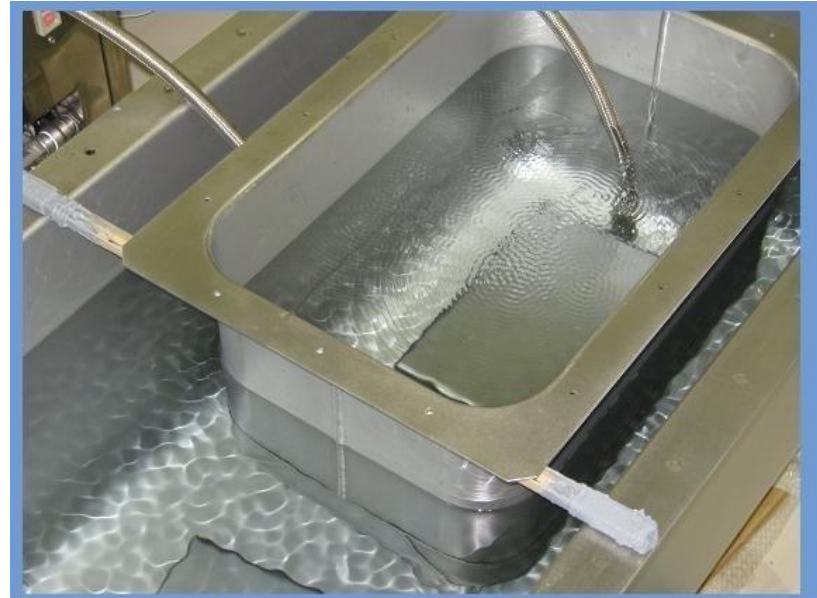
オーバーフローによる空気の取り込み  
大量に取り込まない：落差を大きくしない  
(写真：毎分100リットル 洗剤使用)

# 注意事項：脱気マイクロバブル発生液循環装置

＜ノウハウ：振動子下部の流れによる音響流制御＞

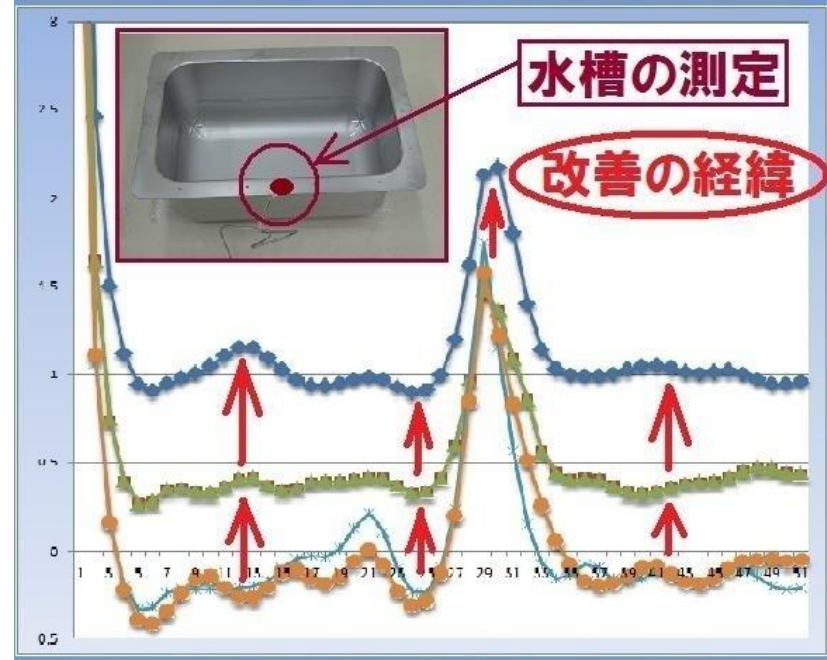


# 新しい超音波洗浄（表面改質） ガラス容器・を利用した 非線形超音波



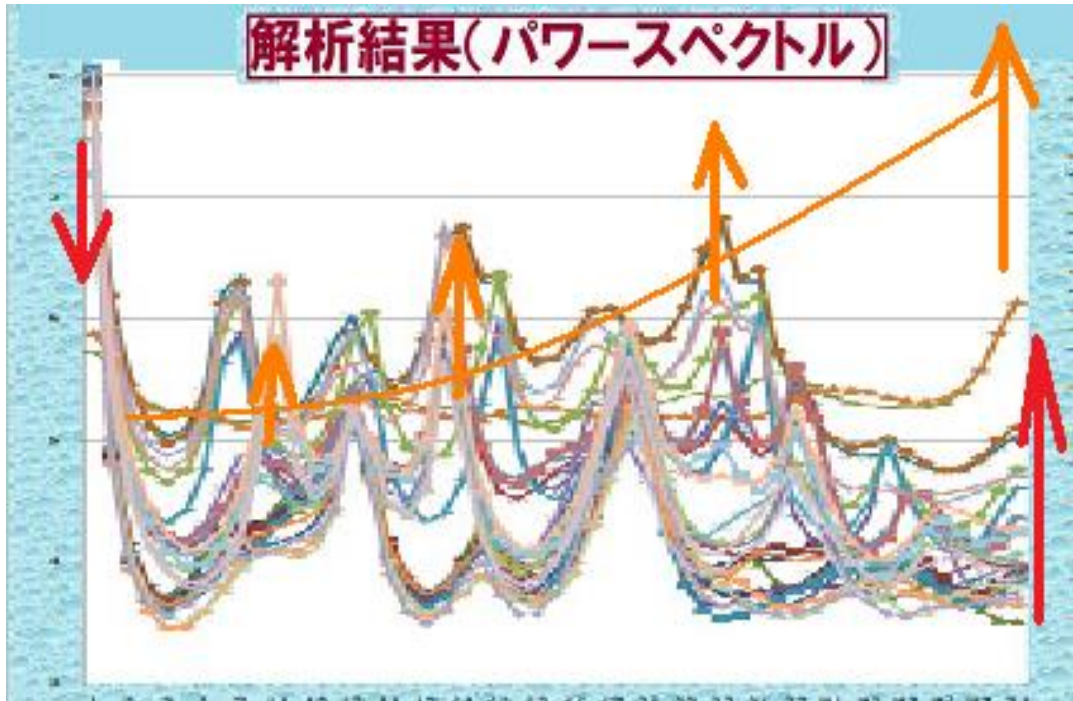
**金属の反応！！ 15MHz**

**新しい超音波の応用！！**



# 表面改質(応力緩和)ノウハウ: 楽器の製造方法の応用

## 類似例: <楽器の材料(木材)に大きな音を聞かせる>



振動子の音響特性の改善により、  
低周波のパワーと  
高周波をミックスさせた  
超音波照射量 (注) が大きくなる

注: 超音波照射時の振動子による  
測定・解析あるいは  
写真撮影による、  
キャビテーションの観察が  
次のように改善する

2-1: キャビテーション模様が  
大きくなる

2-2: キャビテーション模様が  
薄くなる

2-3: キャビテーション模様が  
均一に広がる

### 超音波振動子の改良技術

#### <<原理>>

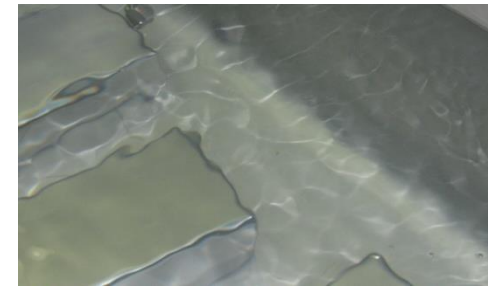
振動子の音響特性 (注) を改善する

注: 超音波振動子を利用した測定・解析(水槽、水槽内の液体、・・・の間接測定)で、  
パワースペクトルを、次のように改善する。

1-1: パワーの値を大きくする

1-2: 低周波のモードを小さくする 製造時の小さい状態とは異なります

1-3: 高周波(高調波を除く)をフラットにする

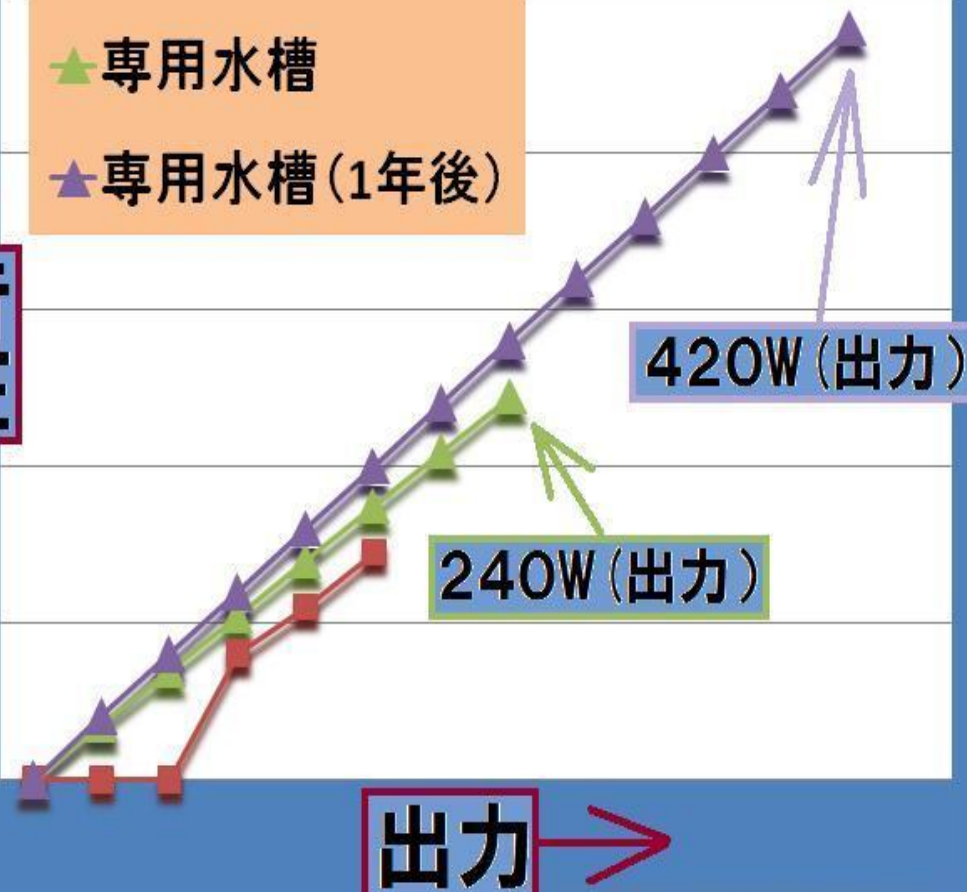




# 超音波専用水槽の効果！

- 従来
- ▲ 専用水槽
- ▲ 専用水槽(1年後)

↑  
音圧



420W (出力)

240W (出力)

出力 →

超音波システム研究所

## 金属の表面改質

マイクロバブルを利用した  
均一な超音波照射による  
水槽・振動子の  
「表面改質  
: 残留応力の緩和」  
による効果！！

具体的には  
600Wまでの  
出力事例があります

部品の耐久性を考え  
600W以上は実験しません

40kHz 300W 仕様の超音波

参考 超音波とマイクロバブルによる表面改質(応力緩和)技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=5413>

# 表面改質事例

超音波処理

応力値  $-40 \pm 32 \text{MPa}$

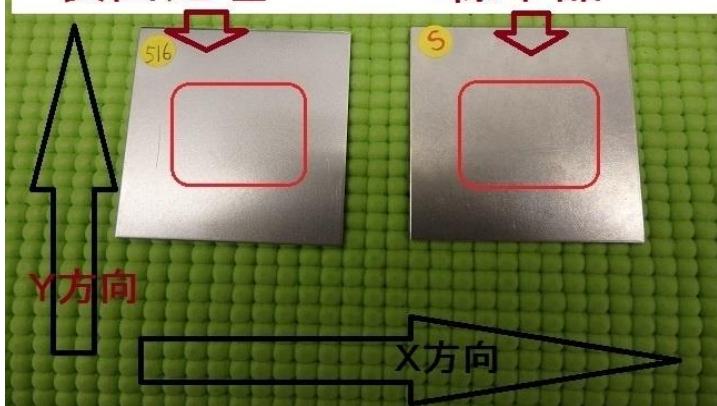
標準品

応力値  $-7 \pm 57 \text{MPa}$

超音波を利用した

表面処理

標準品



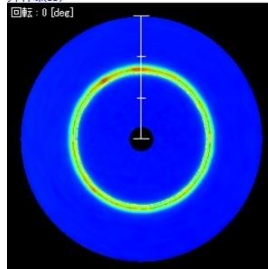
部品:

幅W(mm): 50 長さL(mm): 50 板厚t(mm): 1

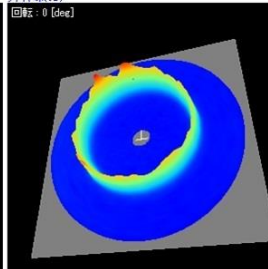
材質: 鉄(SPCC相当)

	応力値[MPa]	標準偏差[±MPa]
超音波処理品	-40	32
標準品	-7	57

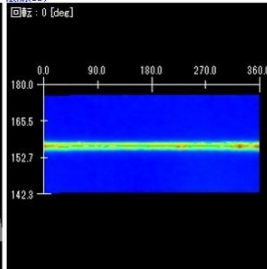
円周線(2D)



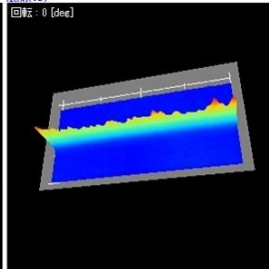
円周線(3D)



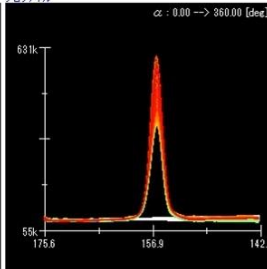
展開(2D)



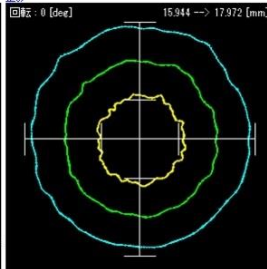
展開(3D)



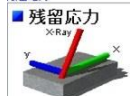
プロファイル



試験

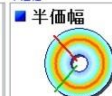


残留応力



■ 残留応力  
 $\sigma_x$   $-52 \text{MPa}$   
 (標準偏差  $24 \text{MPa}$ )  
 $\sigma_y$   $28 \text{MPa}$   
 (標準偏差  $35 \text{MPa}$ )

半価幅



■ 半価幅  $2.49 \text{deg}$   
 (  $2.29 - 2.74 \text{deg}$  )  
 $\alpha$  (Max data)  $317.52 \text{deg}$   
 $\alpha$  (Min data)  $221.76 \text{deg}$

カメラ画像



×線入射角度  $35.0 \text{deg}$   
 試料距離  $38.772 \text{mm}$   
 ×線照射時間(計測)  $30 \text{秒}$   
 株式会社

# 参考動画1 (洗浄液の流れや超音波の変化)

音圧測定・解析事例、超音波とファインバブルについて。

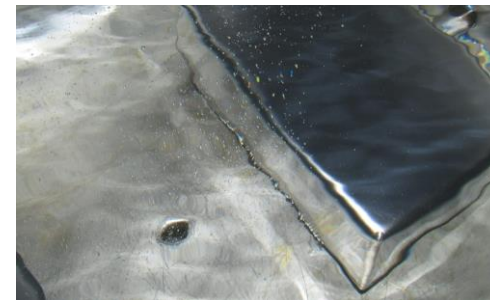
<https://youtu.be/PPMWN8cgDrE>    <https://youtu.be/B12fGliNSik>

<https://youtu.be/V4Xd-JIKLw0>    <https://youtu.be/VulYoksIDiQ>

<https://youtu.be/mBqZ4ZBJfmw>    <https://youtu.be/G3XESZA2vt0>

<https://youtu.be/sxoQ2C2cM-E>    <https://youtu.be/xknr63RUHrl>

[https://youtu.be/FzQ0d7mFJ\\_k](https://youtu.be/FzQ0d7mFJ_k)    [https://youtu.be/9AvffqJ\\_OuM](https://youtu.be/9AvffqJ_OuM)



小型・脱気マイクロバブル発生液循環システム

[https://youtu.be/GJtg\\_jXYWbg](https://youtu.be/GJtg_jXYWbg)    <https://youtu.be/tFOenqyo7uk>    <https://youtu.be/48l0OdGbBXs>

脱気・マイクロバブル発生液循環システム

<https://youtu.be/EaE296dCz6o>    <https://youtu.be/H-LchfzrNpl>    <https://youtu.be/7kEeCqDjdhU>

[https://youtu.be/vCeBsF\\_9uBs](https://youtu.be/vCeBsF_9uBs)    <https://youtu.be/R6fMGivGI9k>

# 参考動画2 (洗浄液の流れや超音波の変化)

## メガヘルツの流水式超音波

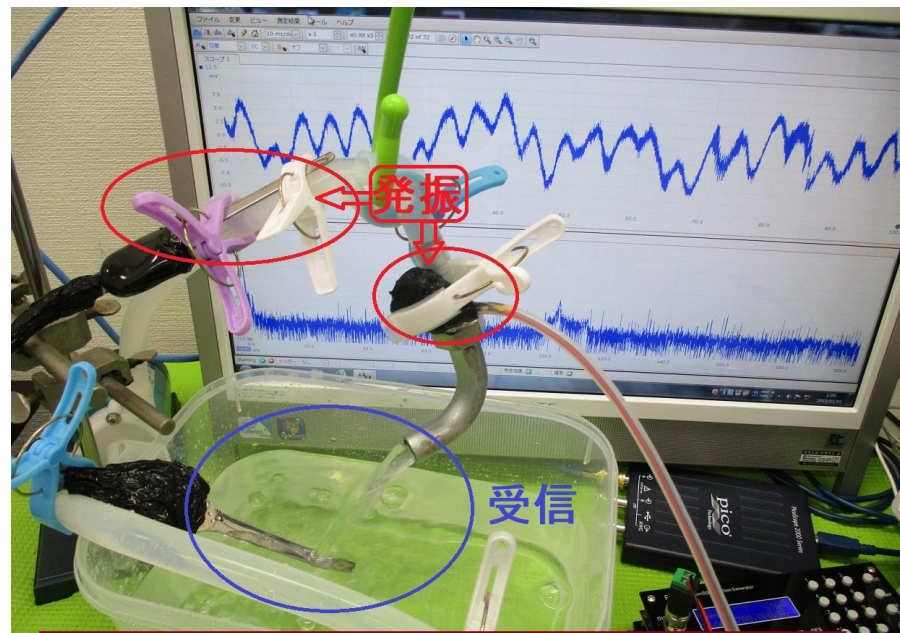
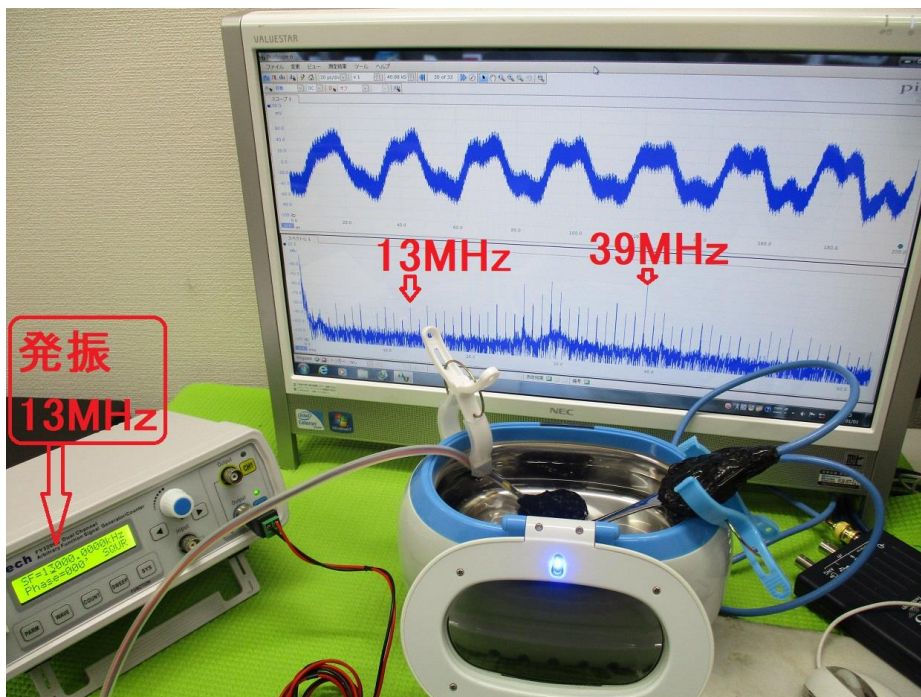
<https://youtu.be/u2nGogS-oK4> <https://youtu.be/5omyKvS4VS4> <https://youtu.be/c-1Nuhe87DU> <https://youtu.be/KgDKUNmD1rA>

<https://youtu.be/kJNjSjn0fJ8> <https://youtu.be/AJPI7Q0n6V0> <https://youtu.be/xu8pP2RjrD4> <https://youtu.be/-a8e8XyoSR8>

[https://youtu.be/lzWNWke4z\\_Y](https://youtu.be/lzWNWke4z_Y) [https://youtu.be/R-8JU\\_zgxwQ](https://youtu.be/R-8JU_zgxwQ) [https://youtu.be/saEM\\_f2nnY0](https://youtu.be/saEM_f2nnY0) <https://youtu.be/2FAI2buOiwY>

[https://youtu.be/\\_5VcN4ZfeZ0](https://youtu.be/_5VcN4ZfeZ0) <https://youtu.be/O1FUtv5DF-Y> <https://youtu.be/kqsiJK-IUHA> <https://youtu.be/P1k60rkbJu4>

<https://youtu.be/YLIIUdaAMFE> <https://youtu.be/ZBWFYnofgqM> <https://youtu.be/l7dGkwAnbal>



メガヘルツの流水式超音波

# 参考動画3(新しい超音波技術)

[https://youtu.be/A\\_XDt1WC1AE](https://youtu.be/A_XDt1WC1AE)

<https://youtu.be/4-wp5lylREM>

<https://youtu.be/9bQ2n3PaYHE>

<https://youtu.be/nL7Gm7SeOMc>

<https://youtu.be/DWScwTM4s6o>

<https://youtu.be/ha9jWI8dyEQ>

[https://youtu.be/bZdSbhxJ\\_NE](https://youtu.be/bZdSbhxJ_NE)

[https://youtu.be/q\\_3qED\\_WTfo](https://youtu.be/q_3qED_WTfo)

<https://youtu.be/vlBvnLnG6ul>

<https://youtu.be/oPQasgF44eM>

<https://youtu.be/DR88ZP-41iw>

<https://youtu.be/NJ7T4EH74Ck>

<https://youtu.be/MmLOT6-XBy4>

<https://youtu.be/HjN93WTnrVI>

<https://youtu.be/4LZP2D1CgYc>

<https://youtu.be/DwOdxv5LQhU>

<https://youtu.be/jWaUeW6-Mnw>

<https://youtu.be/UN1Zkkfojuo>

<https://youtu.be/Qj2wztkalvs>

[https://youtu.be/NI11owwr\\_B0](https://youtu.be/NI11owwr_B0)

<https://youtu.be/VLRM2FsTdhU>

<https://youtu.be/Ht-qtgVVZhM>

<https://youtu.be/lA6qPm-Ebzw>

<https://youtu.be/Z02uVkkSubM>

[https://youtu.be/0Qe\\_iLVDJGQ](https://youtu.be/0Qe_iLVDJGQ)

<https://youtu.be/Af8G1kUH2EI>

<https://youtu.be/L1kp-jU-7xU>

<https://youtu.be/uq32SvXOREY>

<https://youtu.be/sXpZ1V9757s>

[https://youtu.be/3PY\\_VS-Q2zU](https://youtu.be/3PY_VS-Q2zU)

<https://youtu.be/KZq-iBQPTd8>

<https://youtu.be/5sh14BpiQ7s>

[https://youtu.be/JB6U3cj\\_O5U](https://youtu.be/JB6U3cj_O5U)

<https://youtu.be/XWMMEOqoY-s>

<https://youtu.be/TWpT59Ycq2Q>

<https://youtu.be/NYZgvJA5JSw>

<https://youtu.be/54odvGOFDYM>

[https://youtu.be/SO1P\\_rraTmA](https://youtu.be/SO1P_rraTmA)

<https://youtu.be/R0UqOlvbMtw>

<https://youtu.be/8G63deQ-ppE>

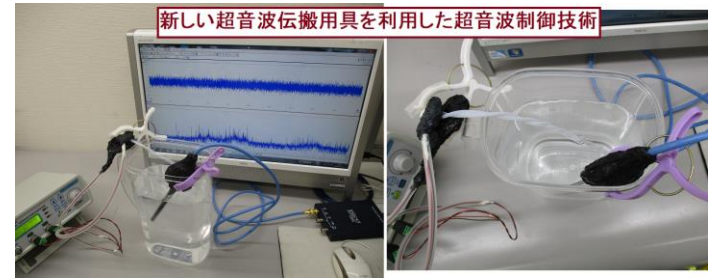
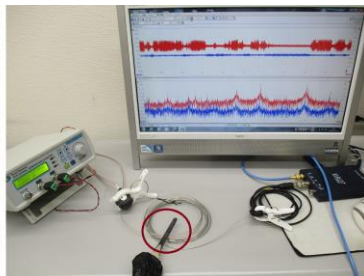
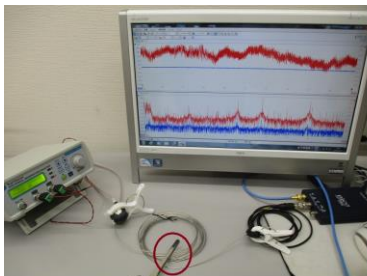
<https://youtu.be/IT7r82dQPHA>

<https://youtu.be/UUmw7QqamUw>

<https://youtu.be/cs9kkptJfjM>

<https://youtu.be/vS94RAZMv2M>

<https://youtu.be/q6OO3ajkwlg>



**超音波とファインバブル(マイクロバブル)による洗浄技術**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18101>

**ファインバブルと超音波による、表面処理技術**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18109>

**脱気マイクロバブル発生液循環装置**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=14443>

**超音波による金属・樹脂表面の表面改質技術**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1004>

**超音波とマイクロバブルによる表面改質(応力緩和)技術**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=5413>

**超音波発振システム(1MHz、20MHz)**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=18817>

**超音波の音圧測定解析システム(オシロスコープ100MHzタイプ)**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17972>

**超音波の音圧測定解析システム「超音波テスターNA」**

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16120>