

# 超音波洗浄機のダイナミック液循環システム

## 超音波洗浄機の音圧測定・解析に基づいた最適化技術を開発

2022. 12. 4 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、

超音波洗浄機の液体に伝搬する

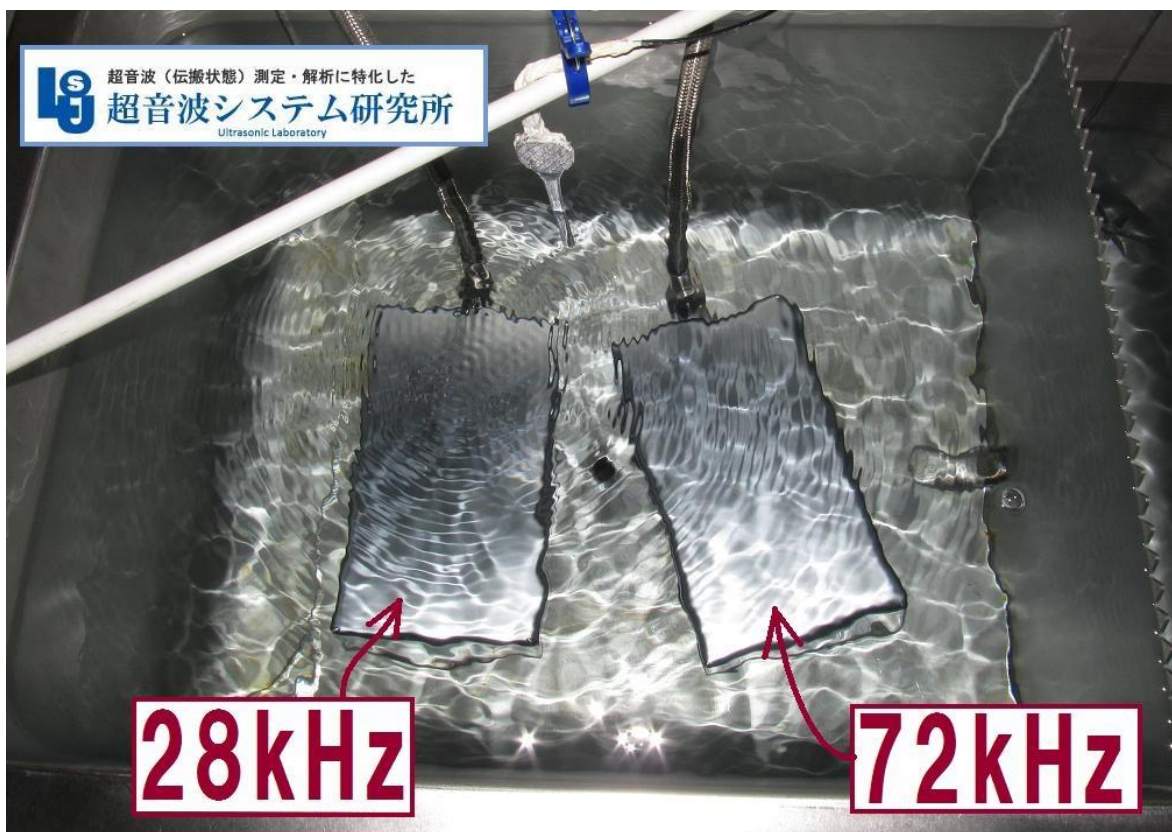
超音波の伝搬状態を測定・解析する技術を応用して、

水槽の構造・強度・製造条件・・・による影響と

液循環の状態を

目的に合わせた超音波洗浄機の状態に

設定・制御する技術を開発しました。



この技術は、

複雑な超音波振動のダイナミック特性（注1）を

各種の関係性について解析・評価することで、

循環ポンプの設定方法（注2）により、

キャビテーションと加速度の効果を

目的に合わせて設定する技術です。

### 注1：超音波システム研究所のオリジナル技術

「音色」を考慮した「超音波発振制御」技術を利用しています  
( 音色と超音波 参考 <http://ultrasonic-labo.com/?p=1082> )

### 注2：洗浄機と洗浄液と空気の

**各境界の関係性に関する設定**がノウハウです。

オーバーフロー構造になっていない洗浄水槽でも対応可能です。

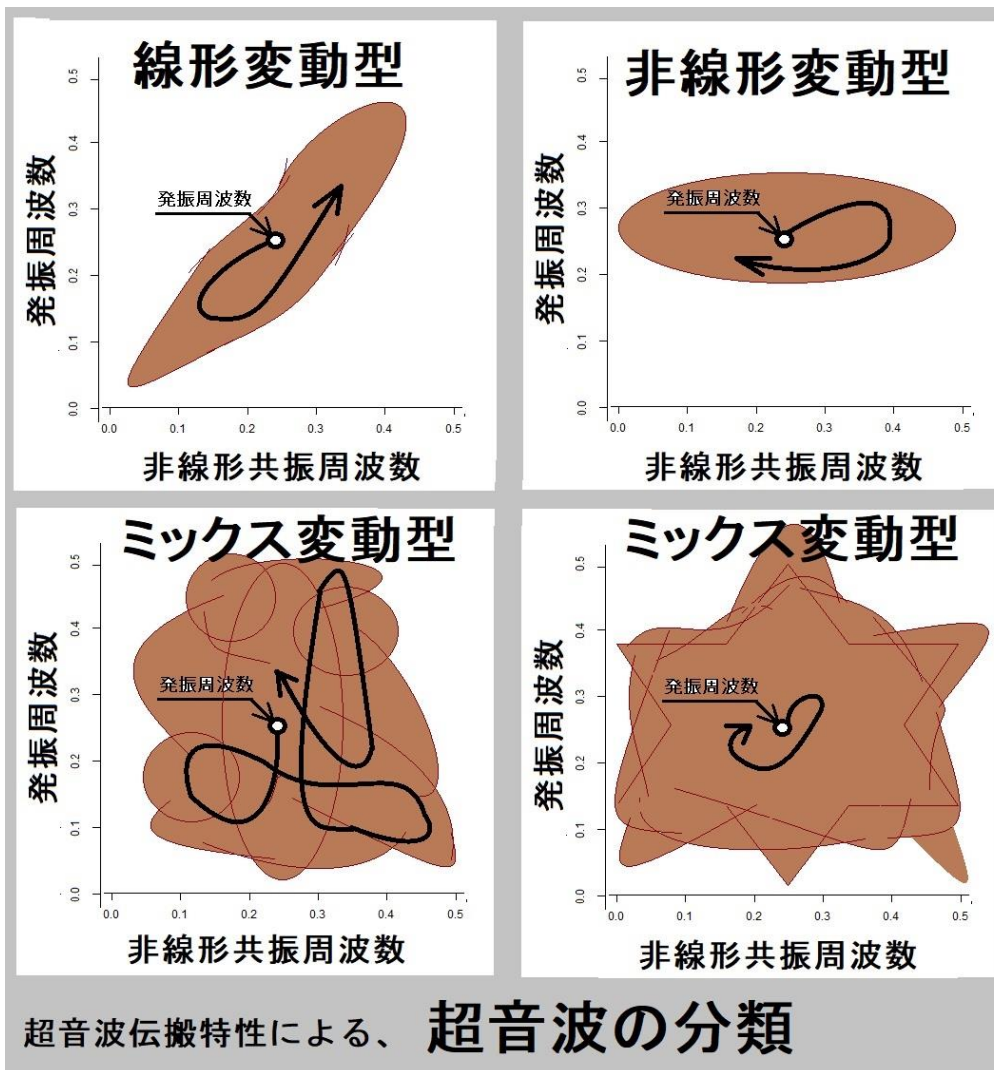
マイクロ流の自己組織化について

脱気・曝気・超音波・水槽表面の弾性波動・・・により

音響流のコントロールが可能になりました。

( 超音波キャビテーションの観察・制御技術

参照 <http://ultrasonic-labo.com/?p=10013> )



具体的な対応として

現状の水槽による、超音波の伝搬状態を

**目的とするキャビテーション・音響流の効果を最適にする  
パワースペクトルとして設定・制御することができます。**

超音波テスターを利用した計測・解析により

各種の関係性・応答特性（注3）を検討することで

超音波の各種相互作用の検出により実現しました。

注3：パワー寄与率、インパルス応答・・・

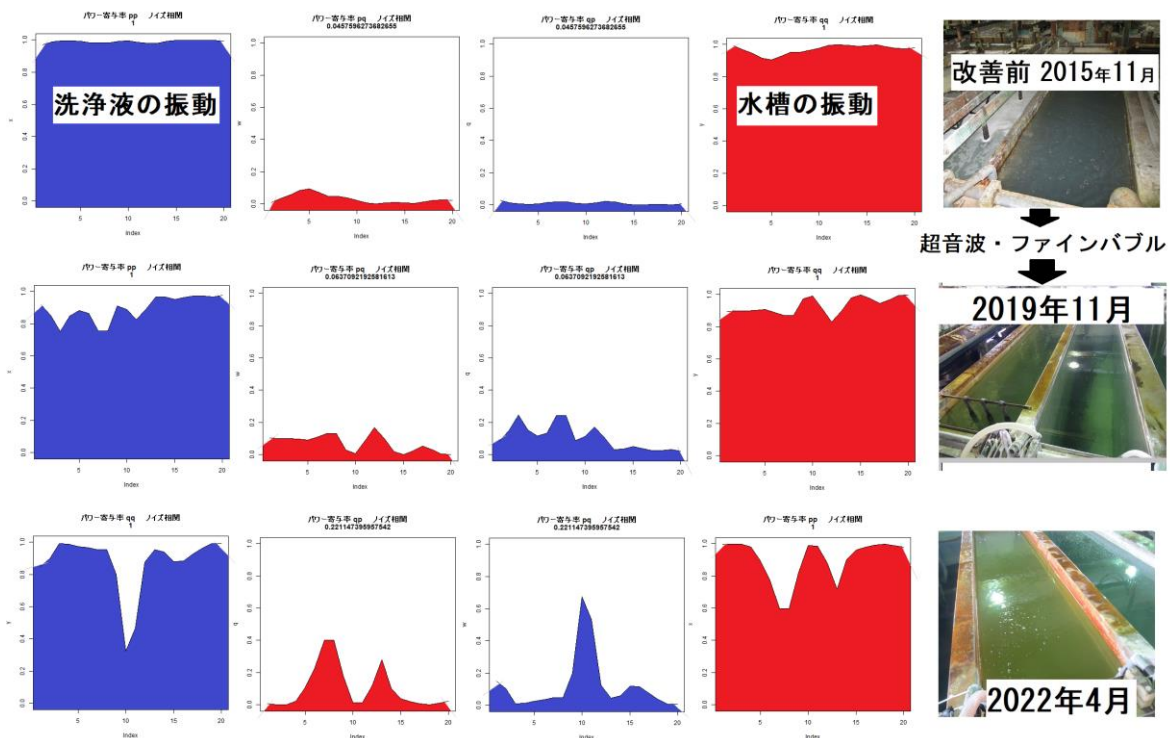
（ 超音波の＜ダイナミック特性を考慮した制御＞技術を開発

参照 <http://ultrasonic-labo.com/?p=1142> ）

超音波洗浄機の測定・解析に関して

サンプリング時間・・・の設定は

オリジナルのシミュレーション技術を利用しています



超音波とファインバブルによる水槽の表面改質効果

なお、この技術を

超音波システムの液循環方法の改良技術として

コンサルティング提案・実施対応しています。





超音波水槽の構造・大きさと

超音波（周波数、出力、台数・・・）に合わせた

<超音波>と<水槽>と<液循環>のバランスによる

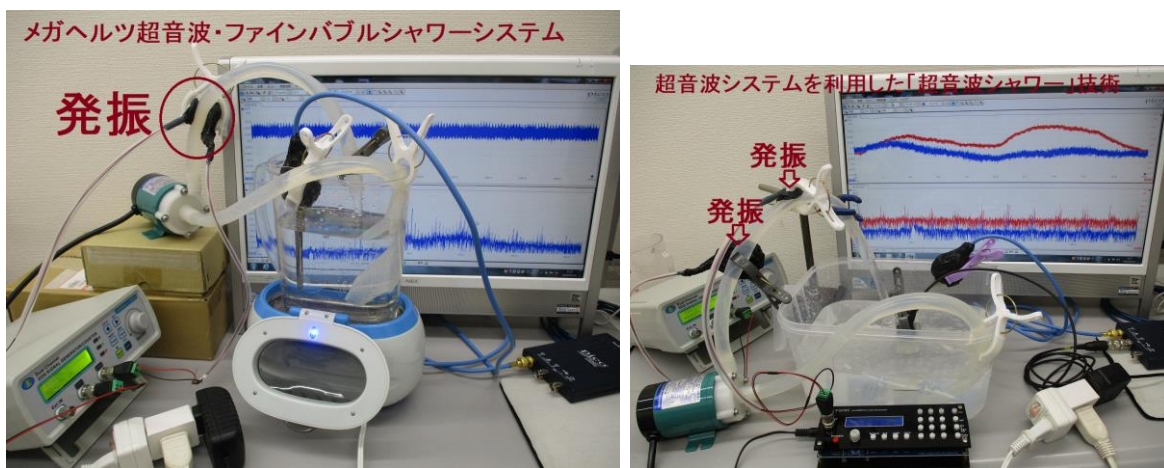
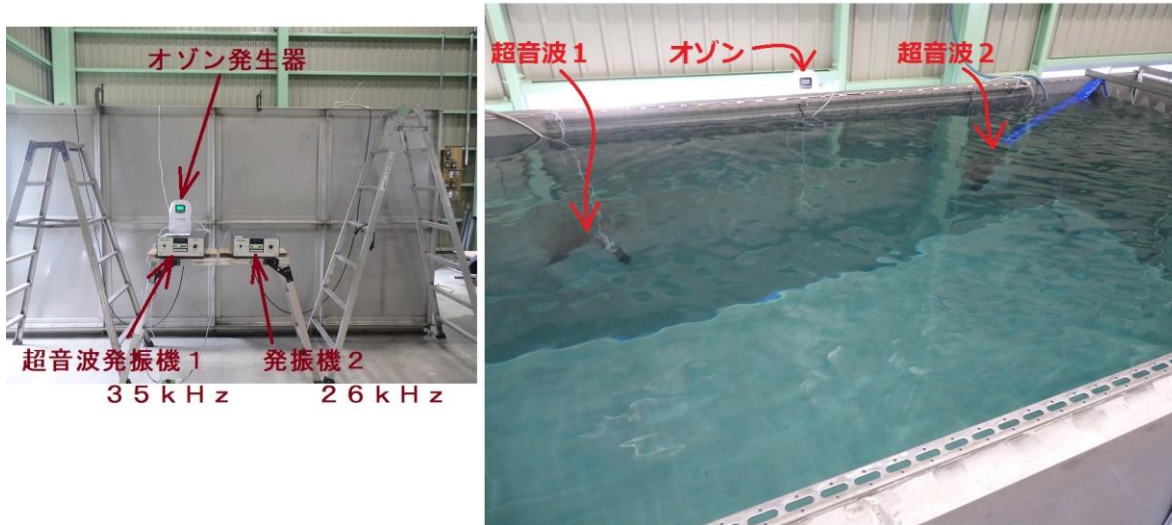
超音波の最適な出力状態を測定・解析データとともに、提案・改良・報告します。

## 洗浄槽1

W1014×D514×H477mm



本来は、水槽の新規製作、新規設置、新規超音波の固定、・・・が最もよいのですが、現実的には、液循環ポンプの追加改良（制御）で実現させることが費用と効果の最適化になると判断して、提案・実施しています。



ポイント：液循環制御について

水槽内の液体を、数学のトポロジーに於ける

3次元空間での、3次元多様体の断面としてとらえます

この3次元多様体の移動・動きを論理モデルとしてとらえ

流体のコントロールに応用します

**具体的なイメージとしては、球体の裏返し現象を、平行移動のポンプと、回転移動のポンプの組み合わせで、実用化（注）します**

注：シャノンのジャグリング定理を応用した「超音波制御」方法

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1753>





## 具体例

### ＜＜脱気ファインバブル（マイクロバブル）発生液循環装置＞＞

- 1) ポンプの吸い込み側を絞ることで、キャビテーションを発生させます。
- 2) キャビテーションにより溶存気体の気泡が発生します。

上記が脱気液循環装置の状態です

- 3) 溶存気体の濃度が低下すると  
キャビテーションによる溶存気体の気泡サイズが小さくなります。

- 4) 適切な液循環により、  
20 $\mu$ 以下のファインバブル（マイクロバブル）が発生します。

上記が脱気ファインバブル（マイクロバブル）発生液循環装置の状態です。

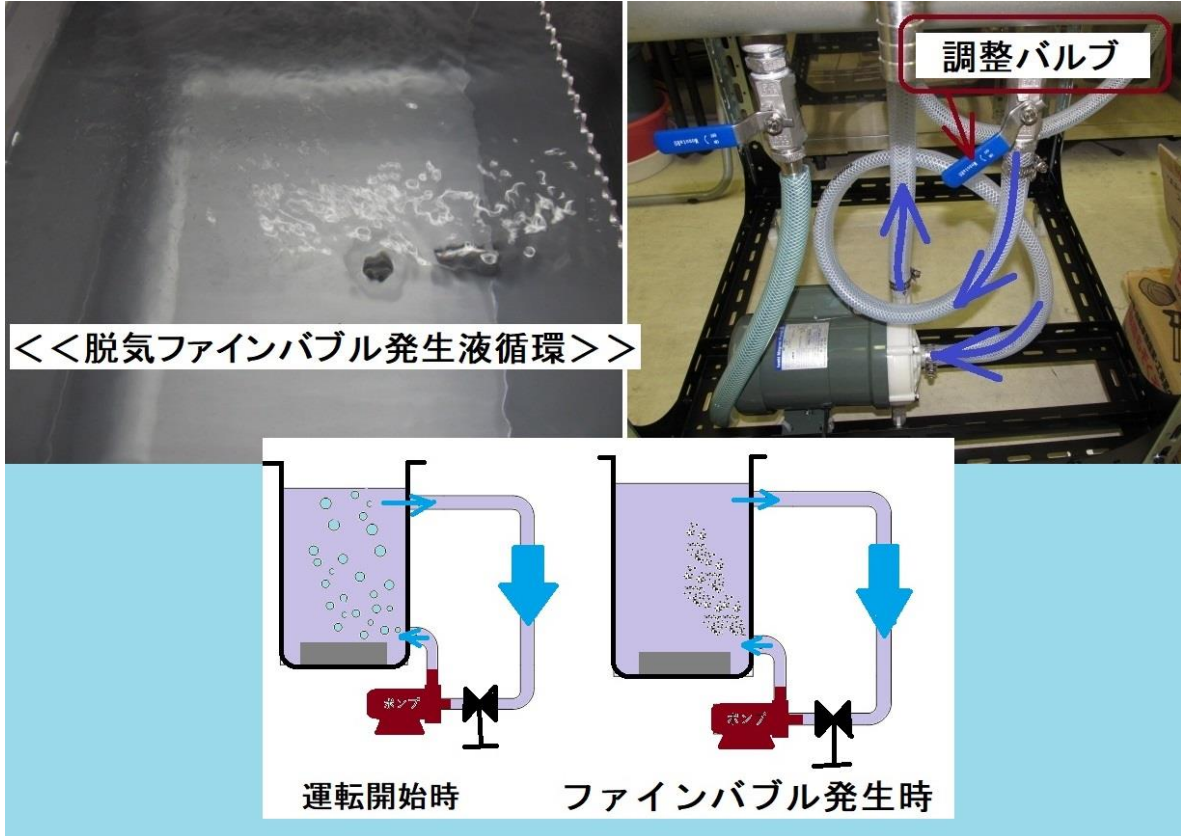
- 5) 上記の脱気ファインバブル（マイクロバブル）発生液循環装置に対して  
超音波を照射すると

ファインバブル（マイクロバブル）を超音波が分散・粉碎して

ファインバブル（マイクロバブル）の測定を行うと

ウルトラファインバブルの分布量がファインバブルの分布量より多くなります

上記の状態が、**超音波を安定して制御可能にした状態です。**

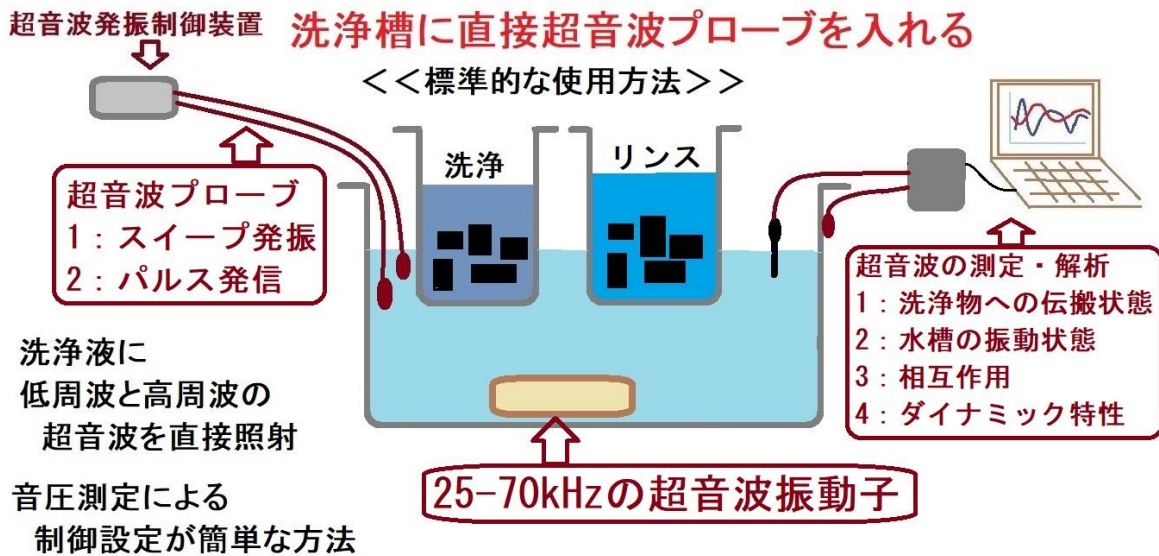


### 超音波液循環技術の説明

- 1) 超音波専用水槽（オリジナル製造方法）を使用しています。  
（材質は、樹脂・ステンレス・ガラス・・・対応可能です）
- 2) 水槽の設置は
  - 1：専用部材を使用
  - 2：固有振動と超音波周波数・出力の最適化を行っています。  
（水槽の音響特性に合わせた対応を実施します）
- 3) 超音波振動子は専用部材を利用して設置しています  
（専用部材により、定在波、キャビテーション、音響流の利用状態を制限できます）
- 4) 脱気・ファインバブル（マイクロバブル）発生装置を使用します。  
（標準的な、溶存酸素濃度は5－6mg/l）
- 5) 水槽と超音波振動子は（超音波とファインバブルによる）表面改質を行います。

**上記の設定とファインバブル（マイクロバブル）の拡散性により  
均一な洗浄液の状態が実現します。**

均一な液中を超音波が伝搬することで、安定した超音波の状態が発生します。



この状態から

目的の超音波の効果（伝搬状態）を実現するために  
液循環制御を行います

**（水槽内全体に均一な音圧分布を実現して、  
超音波、脱気装置、液循環ポンプ、・・・の制御設定がノウハウです）**

目的の超音波状態確認は音圧測定解析（超音波テスター）で行います。

ポイントは

適切な超音波（周波数・出力）と液循環のバランスです  
液循環の適切な流量・流速と超音波キャビテーションの設定により  
超音波による音響流（非線形現象）の状態をコントロールします。

液循環により、以下の自動対応が実現しています。

溶存気体は、水槽内に分布を発生させ

レンズ効果・・・の組み合わせにより、超音波が減衰します。

適切な液循環による効率の良い超音波照射時は、

大量の空気・・・が水槽内に取り入れられても

大きな気泡となって、水槽の液面から出ていきます。

しかし、超音波照射を行っていない状態で

オーバーフロー・・・により

液面から空気を取り込み続けると、超音波は大きく減衰します。

この空気を取り入れる操作は必要です、多数の研究報告・・・がありますが

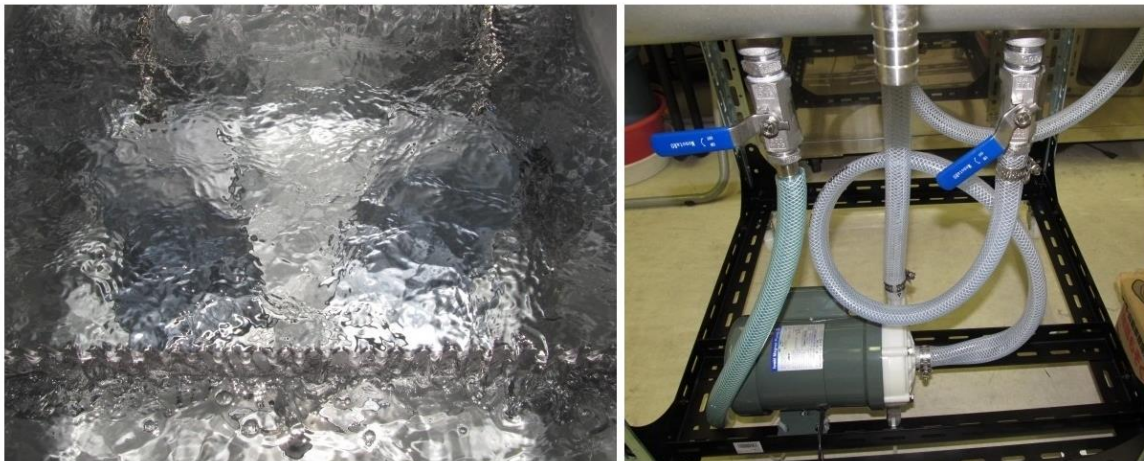
液循環の無い水槽で、長時間超音波照射を行い続け

溶存気体の濃度が低下すると

音圧も低下して、キャビテーションの効果も小さくなります。



(説明としては、キャビテーション核の必要性が空気を入れる理由です  
液面が脱脂油や洗剤の泡・・・で覆われた場合も空気が遮断され  
同様な現象になります)



## 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

さらに、  
超音波照射により、脱気は行われ、溶存気体の濃度は低下して、分布が発生します  
単純な液循環では、この濃度分布は解消できません。

この濃度分布の解決がファインバブル(マイクロバブル)の効果です。  
脱気・ファインバブル(マイクロバブル)発生液循環が有効な理由です。

注：オリジナル装置(超音波測定解析システム：超音波テスター)による  
音圧測定解析を行い、効果の確認を行っています。

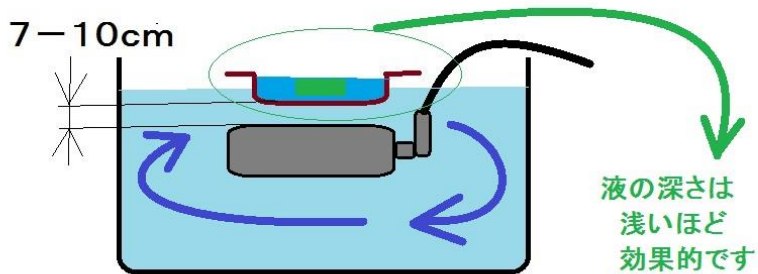
上記の液循環状態に対して  
超音波プローブによるメガヘルツの超音波発振制御を行うことで  
超音波の非線形現象が幅広い周波数帯で発生するとともに  
ダイナミックな超音波の変化を実現します。

**液体の流量・流速分布・・・を適切に制御設定することで  
目的に合わせた、非線形現象を発生させることができます。**

脱気マイクロバブル発生液循環装置  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14443>



## 液循環制御による非線形現象の利用技術



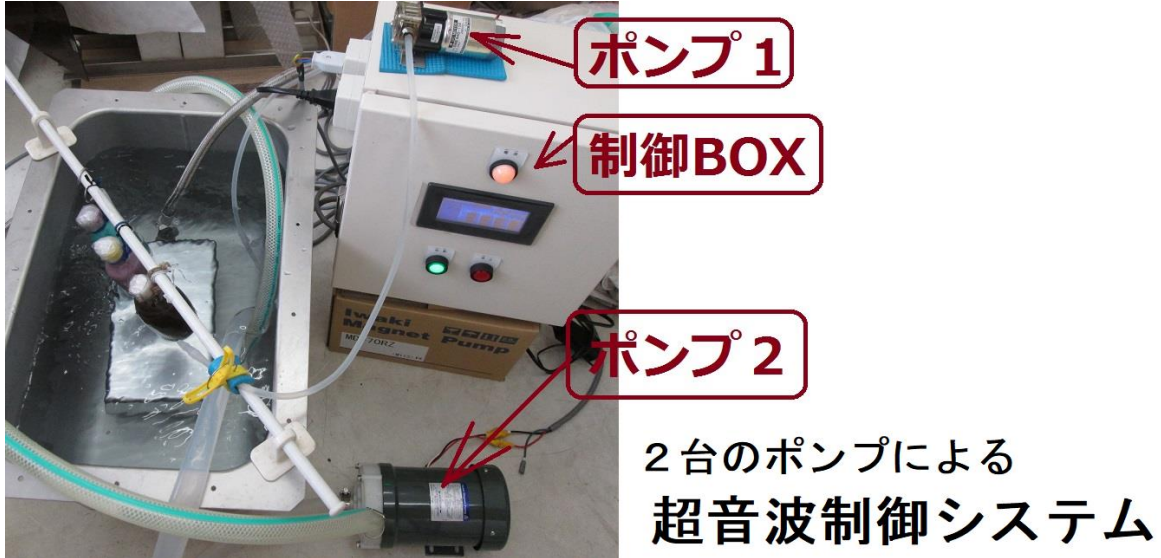
振動子を吊るしてください  
強いキャビテーションと  
非線形現象による効果で、洗浄が行えます

「脱気・マイクロバブル発生装置」を利用した超音波システム  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1996>

超音波洗浄器による<メガヘルツの超音波洗浄>技術  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1879>

脱気マイクロバブル発生液循環システム追加の出張サービス  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2906>

オリジナル技術（液循環）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=7658>



<超音波のダイナミックシステム：液循環制御技術>

<http://ultrasonic-labo.com/?p=7425>

超音波水槽の新しい液循環システム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1271>

現状の超音波装置を改善する方法

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1323>

超音波発振システム（20MHz）の製造販売

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1648>

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>

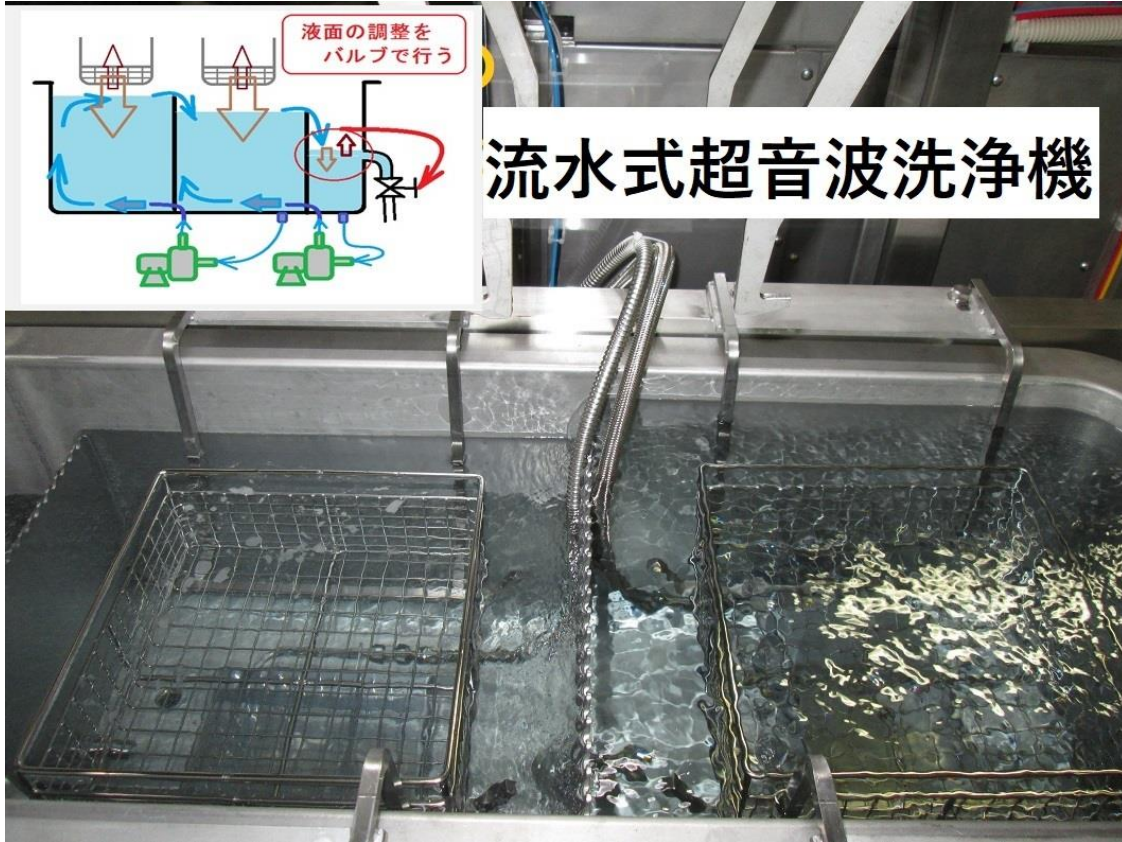
超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

<http://ultrasonic-labo.com/?p=19422>

メガヘルツ超音波による表面改質処理

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2433>





超音波技術資料（アペルザカタログ）  
<http://ultrasonic-labo.com/?p=8496>

【本件に関するお問合せ先】超音波システム研究所  
 メールアドレス [info@ultrasonic-labo.com](mailto:info@ultrasonic-labo.com)  
 ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>

以上