

脱気ファインバブル発生液循環装置

— 洗浄液の均一化と音響流制御技術 —

2023. 07. 16 超音波システム研究所

超音波システム研究所は、
超音波の制御を効率良く行うことができる
＜＜脱気ファインバブル（マイクロバブル）発生液循環装置＞＞の
製造・開発方法・・・をコンサルティング対応しています。

＜＜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 μ 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。

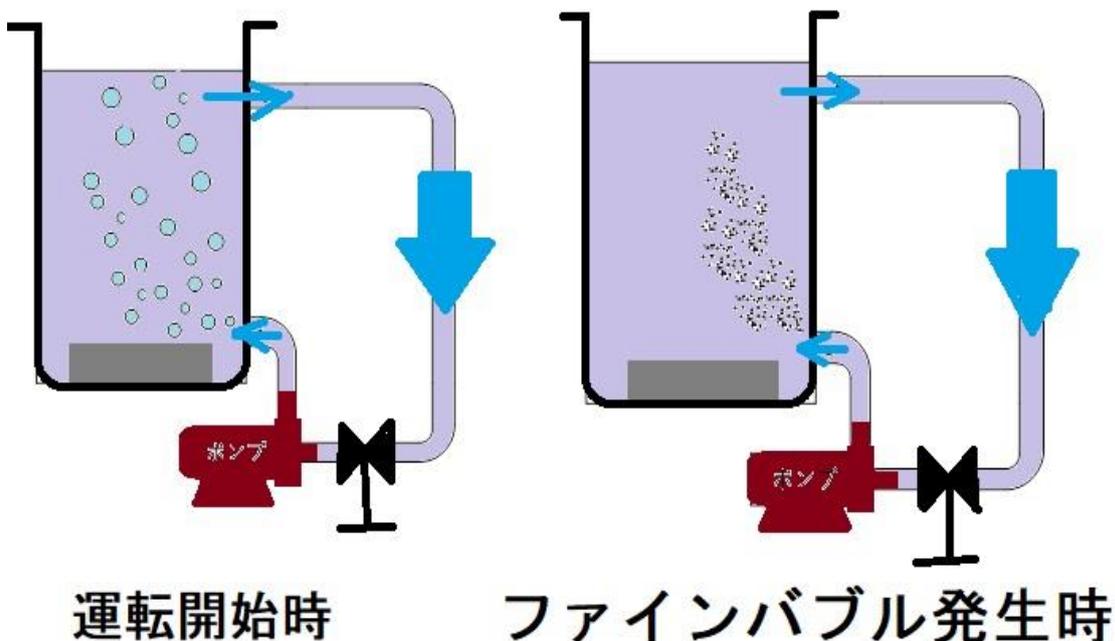
5) 上記の脱気ファインバブル（マイクロバブル）発生液循環装置に対して
超音波を照射すると

ファインバブル（マイクロバブル）を超音波が分散・粉砕して

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

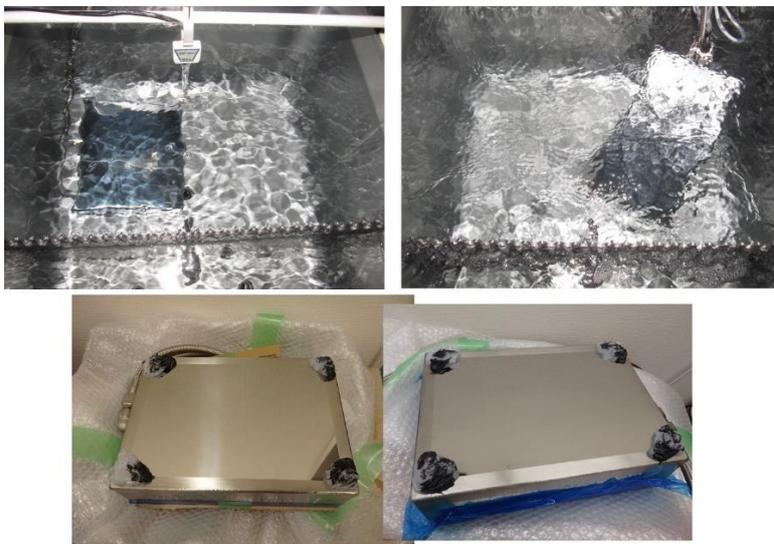
- 1) **超音波専用水槽**（オリジナル製造方法）を使用しています。
（材質は、樹脂・ステンレス・ガラス・・対応可能です）
- 2) **水槽の設置**は
 - 1： **専用部材を使用**
 - 2： 固有振動と **超音波周波数・出力の最適化**を行っています。
（水槽の音響特性に合わせた対応を実施します）
- 3) 超音波振動子は専用部材を利用して設置しています
（専用部材により、定在波、キャビテーション、音響流の利用状態を調整できます）

ノウハウ＜振動子の設置＞ 完全に固定しない、自由にしない ノウハウ



- 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表面改質を行っています。

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。



ノウハウ<振動子の設置> ノウハウ

専用の設置部材を利用する（振動子のサイズ・周波数に合わせて製作）

- 1) 2種類のシリコンで接触部をコーティング
- 2) 1台の振動子を3個の固定部材で設置する
- 3) 振動子の発振面が3-8mm程度傾斜するように設置する
- 4) 3個の固定部材の中の、
1個は高さが3-8mm異なるものを使用する



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。

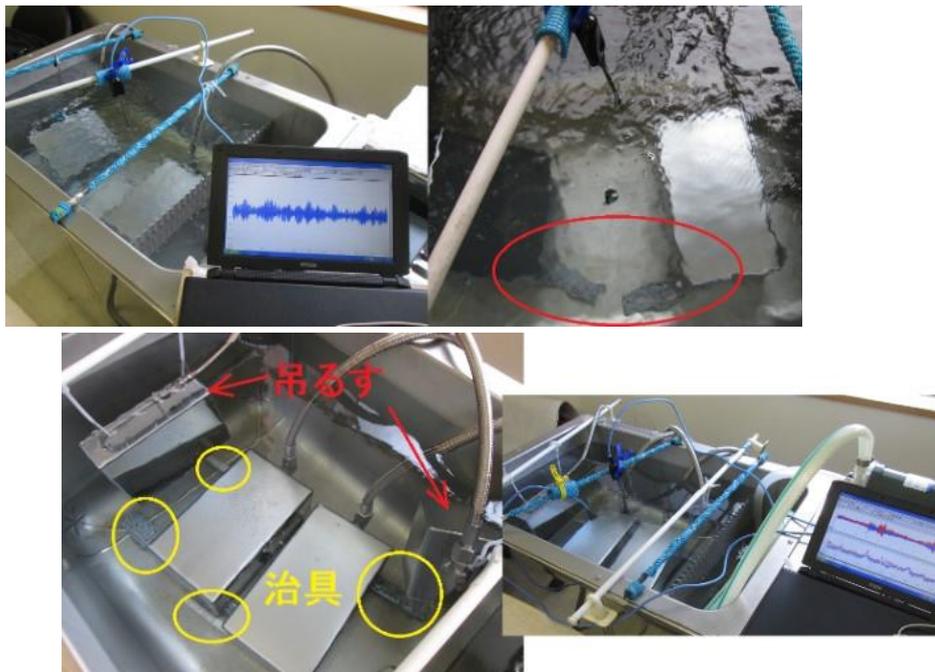
この状態から

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、・・・の運転制御がノウハウです）

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。

ノウハウ 振動子の設置方法（ポイント:振動子周辺の流れ）



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・加速度効果の状態をコントロールします。

ファインバブル（マイクロバブル）の効果で
均一に広がる超音波の伝搬状態を利用します。

超音波洗浄技術

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）

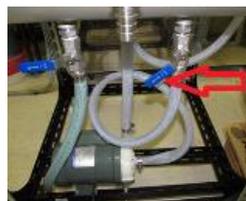
- 1: 揚程の高さとバルブの絞り状態の設定
- 2: 超音波の発振制御

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



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。

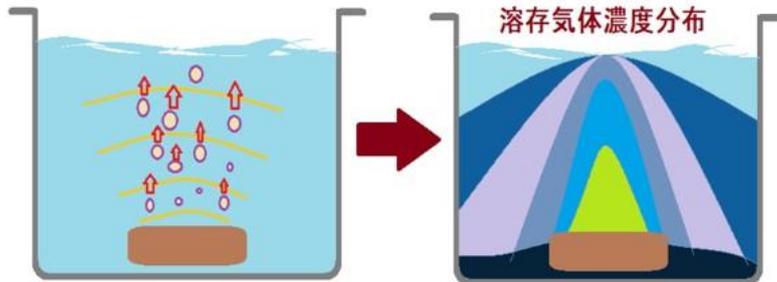
適切な液循環による効率の良い超音波照射時は、
大量の空気・・・が水槽内に取り入れられても
大きな気泡となって、水槽の液面からすぐに出ていきます。

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）

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

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。

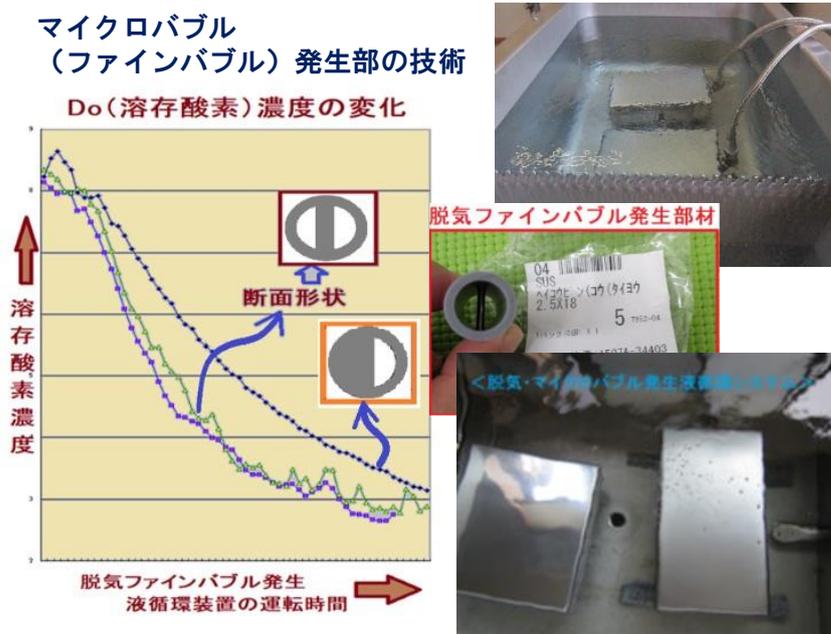
注：オリジナル装置（超音波測定解析システム：超音波テスター）による音圧測定解析を行い、効果の確認を行っています。

ノウハウ部材



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。

気体の流量・流速分布・・・を適切に設定することで
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。

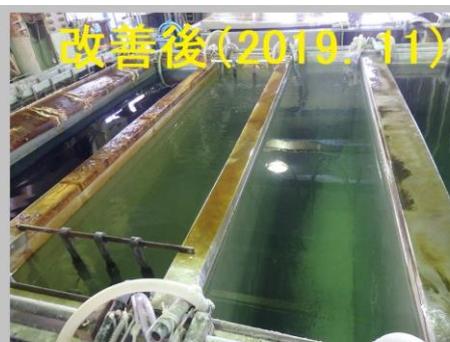


<脱気・ファインバブル発生液循環システム>による**非線形制御技術**

<<キャビテーションのコントロール>>

超音波システム研究所は、

目的に合わせた効果的な超音波のダイナミック制御を実現する、
<脱気・マイクロバブル発生液循環システム>に関して
メガヘルツの超音波発振制御との組み合わせにより
超音波の非線形現象をコントロールする技術を開発しました。



超音波
(40kHz 600W 1式、
ファンクションジェネレータによるメガヘルツ発振 1式)と
ファインバブル発生液循環装置(各水槽に2台)による
めっき水槽の改良

＜音響流とキャビテーションのバランスを最適化する方法＞

- 1) 洗浄液が淀まない**洗浄水槽構造**・液循環システムを採用する
- 2) 強度について、特別に弱い部分のない洗浄水槽を**設計・製造**する
- 3) **洗浄液の各種分布を均一にする**（D_o濃度、液温、流速 等）
推奨：脱気ファインバブル発生液循環装置の採用
- 4) **振動子上面の洗浄液流れ**を調節（微弱な流れを設定）する
（流量・流速・バラツキをコントロールする）
- 5) **超音波の周波数と出力にあわせた液循環の構造・設定**を行う
注：音圧測定解析に基づいた設定
- 6) 機械設計としての洗浄水槽の強度は超音波周波数に対して設定する
注：固有振動モードの測定と超音波伝搬状態の表面測定により
低周波の共振現象許容範囲内に設定する
- 7) 洗浄水槽の製造方法（例 溶接位置・・）を明確にして、
超音波の**水槽による減衰レベル・減衰周波数を設定・考慮**する
- 8) 液循環に対する洗浄水槽の特性を明確にする（例 コーナ一部分の設計）
- 9) 超音波の周波数・出力に対する洗浄水槽の特性を明確にする
（振動子・振動板の位置と水槽の関係を調整する）
洗浄水槽の**超音波伝搬特性：主要周波数・高調波の発生範囲**を明確にする）
- 10) 洗浄システムとしての制御構造などとの最適化を行う
例 超音波・液循環ポンプのONOFF制御設定

以上のパラメータを念頭に超音波洗浄を検討する（あるいは、現状の洗浄を見直す）

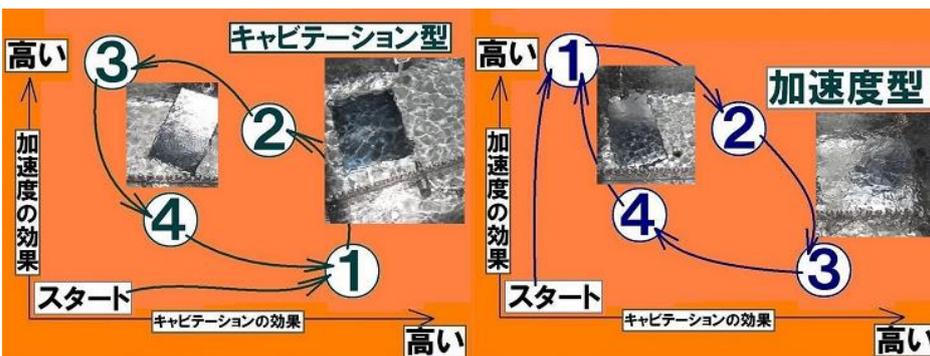


コメント

音響流とキャビテーションは相反する現象だと考えています

しかし、どちらかをなくすことは大変難しいため

バランスを調整し、最適化（サイクル化）することが重要だと考えています





<<参考動画>>

<https://youtu.be/sqBeLqjn8Vc> <https://youtu.be/V75sqHnZHlw>

https://youtu.be/MmVFEyQ_q8k <https://youtu.be/Oz38etGnAa0>

<https://youtu.be/Yk7Pj9bwbAQ> <https://youtu.be/8R1utv5rHt0>

<https://youtu.be/ZLeq6Vvy-4> <https://youtu.be/t4Vxt9chGQ8>

<https://youtu.be/lo1j52FqvEY> <https://youtu.be/pyIeghwir0k>

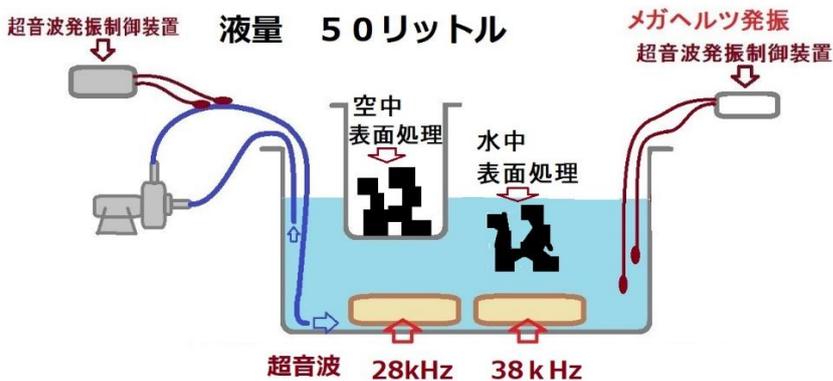
<https://youtu.be/HvupJgMZyDM> <https://youtu.be/jkNlTUNnqw>

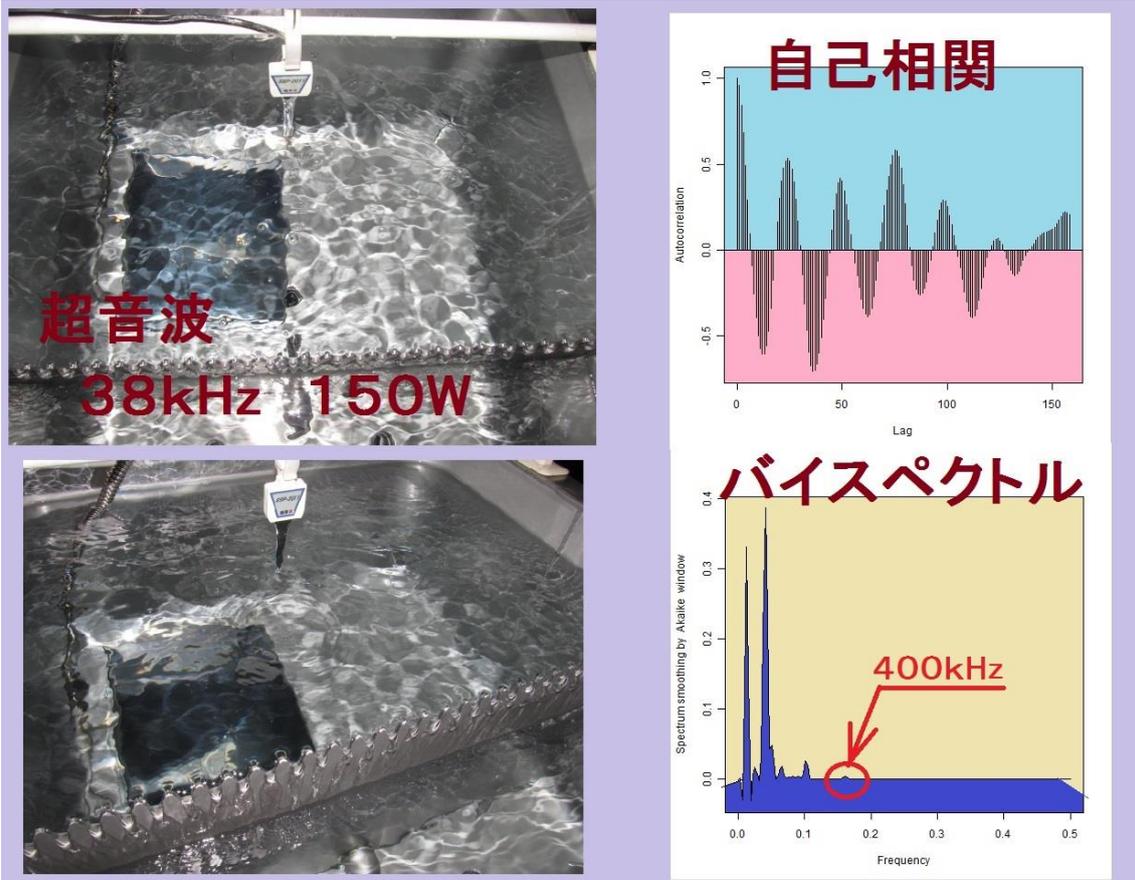
https://youtu.be/X7_lr7_f1Kk <https://youtu.be/jtflkpYk9dY>

https://youtu.be/vzaJNK_Ltd4 <https://youtu.be/gu-b1h2y7go>

<https://youtu.be/8kHBsAT6ASI> https://youtu.be/OLuJU2_TPys

https://youtu.be/5quyvx_LXZs

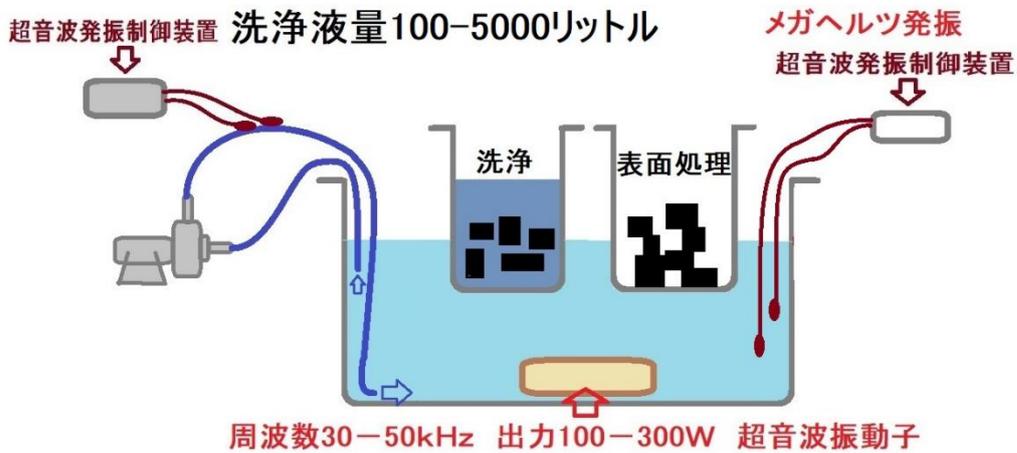




脱気マイクロバブル発生液循環装置
<http://ultrasonic-labo.com/?p=14443>

「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>



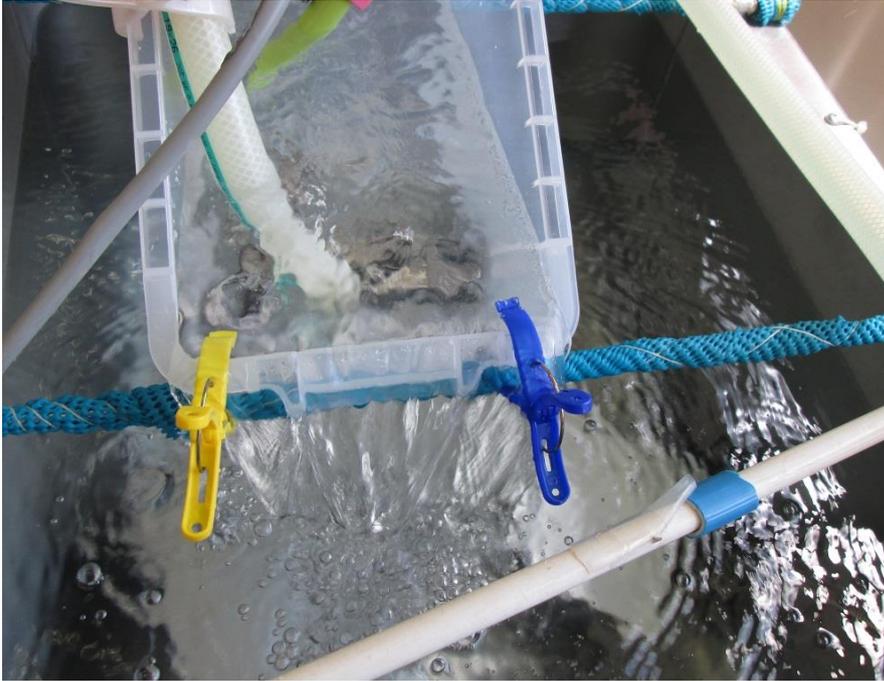


脱気マイクロバブル発生液循環システム追加の出張サービス
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2906>

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>



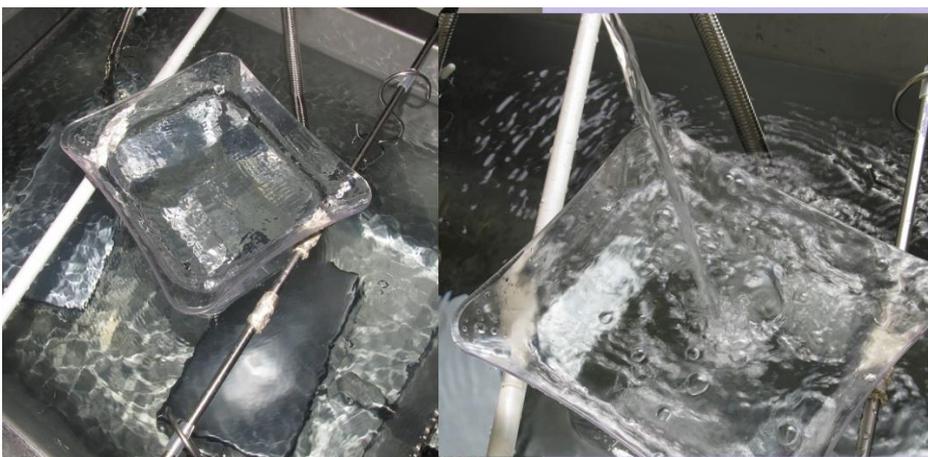


超音波液循環技術

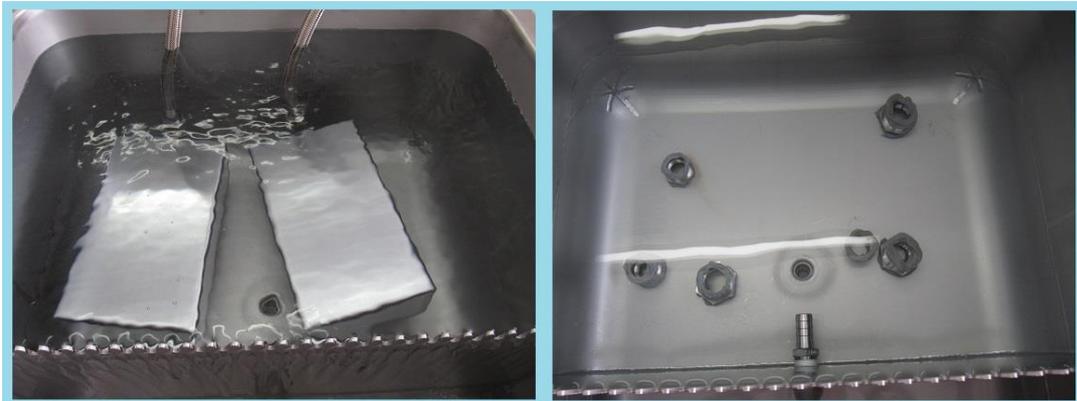
超音波水槽の新しい液循環システム
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1271>

現状の超音波装置を改善する方法
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1323>

超音波装置の最適化技術をコンサルティング提供
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1401>



【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
ホームページ <http://ultrasonic-labo.com/>



<<脱気マイクロバブル発生液循環装置>>



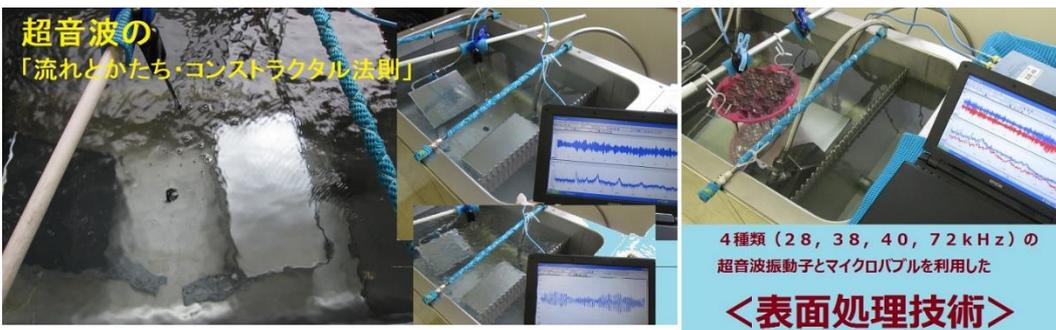
脱気ファインバブル発生部材

塩ビ テフロン

脱気ファインバブル発生液循環装置

：：マグネットポンプ（イワキ マグネットポンプMDシリーズ MD-70RZ）

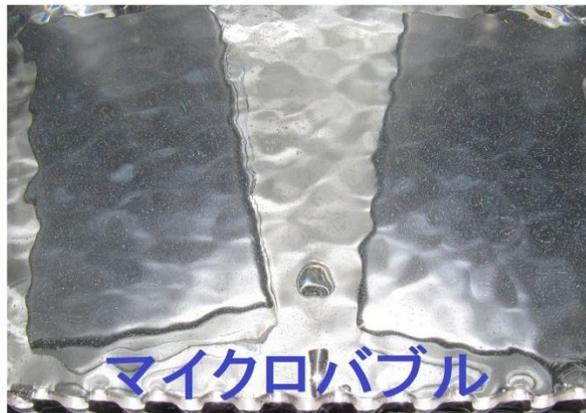
：：タイマー 推奨設定 ON 210-230秒 OFF 30-45秒



超音波の
「流れとかたち・コンストラクタル法則」

4種類（28, 38, 40, 72kHz）の
超音波振動子とマイクロバブルを利用した

<表面処理技術>



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

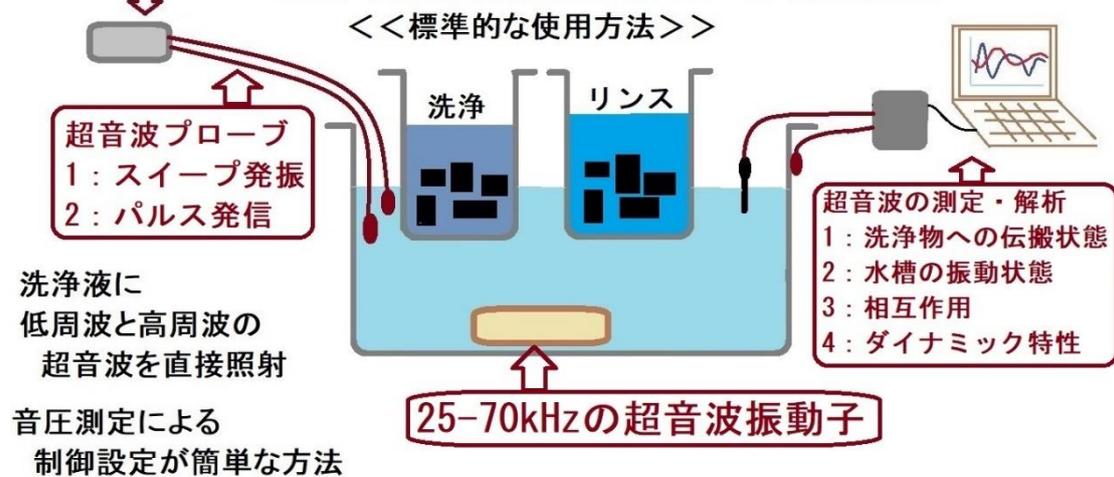
その他 (出張対応: 納品・設置・操作説明・・・)

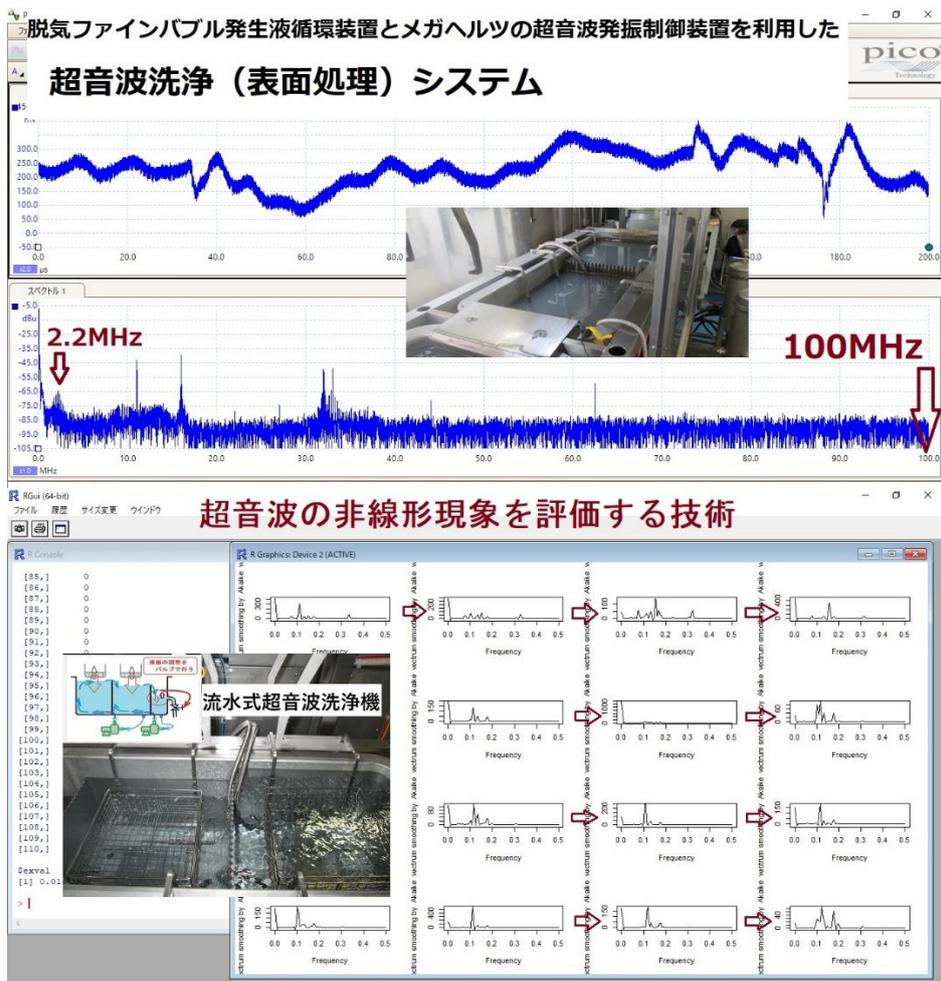
コンサルティング費用

(出張条件・・・に合わせた見積もりを提案します)

<<コンサルティング対応>>

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





メガヘルツ超音波の効果 1

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/adfb30ef89e6f5a76e9a04e70a0ca395.pdf>

メガヘルツ超音波の効果 2

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/513b007f36fc8fb58a2b9c1f558d289c.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 0

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/03bb44a2f578d71fd8d08cdc0a55a3a7.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 1

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/9331da789c89d57b60089985daf25223.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 2

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/21dec0bb4d122601d2edf8428a70f36d.pdf>

表面残留応力の緩和処理技術 3

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/58ef187250e6b810f299dc1bf7bb0bc6.pdf>

以上