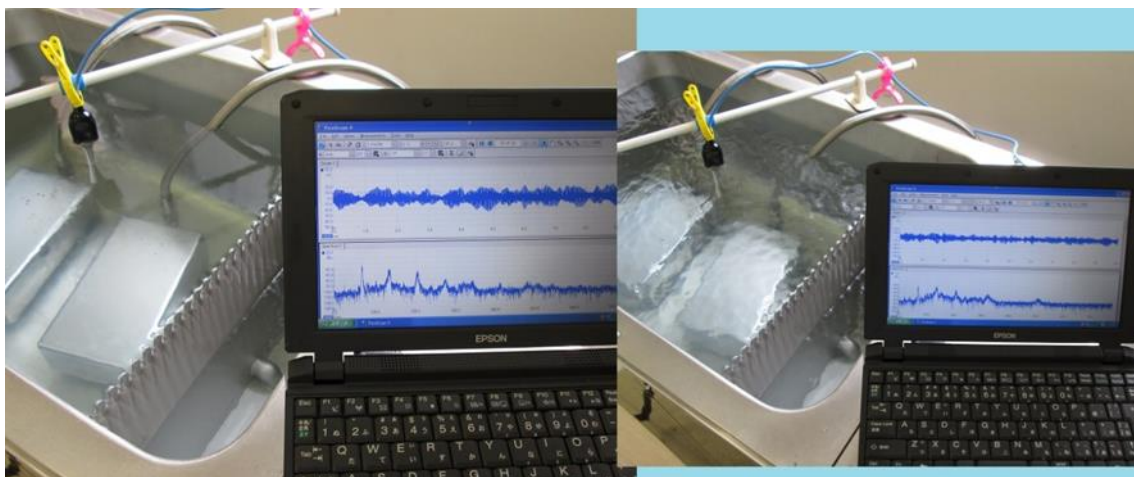


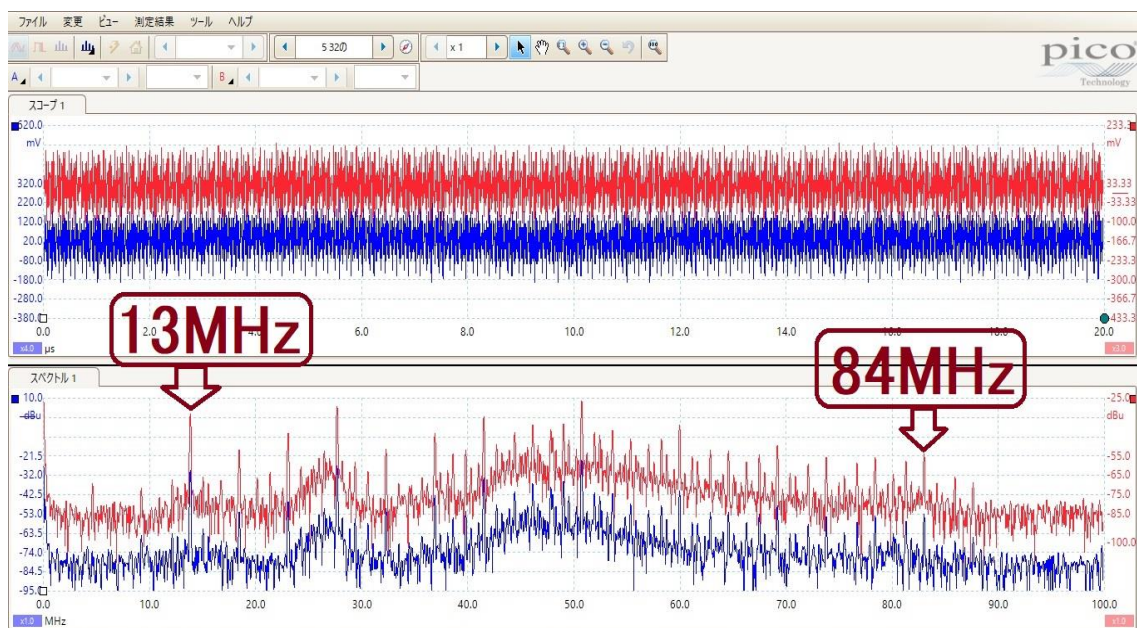
超音波とファインバブル（マイクロバブル）による洗浄技術

超音波システム研究所は、
超音波の非線形性に関する「測定・解析・制御」技術を応用した、
対象（弾性体、液体、気体）を伝搬する超音波振動の
ダイナミック特性を解析・評価する技術により、
洗浄物・治工具・超音波振動子・水槽・液循環・・・に関する、
相互作用を＜目的に合わせて最適化＞する技術を開発しました。



超音波発振制御プローブ、超音波テスターを利用したこれまでの
発振・計測・解析により
各種の関係性・応答特性(注)を検討することで
超音波利用に関する出力の最適化技術として開発しました。

注：パワー寄与率、インパルス応答・・・



超音波の測定・解析に関して

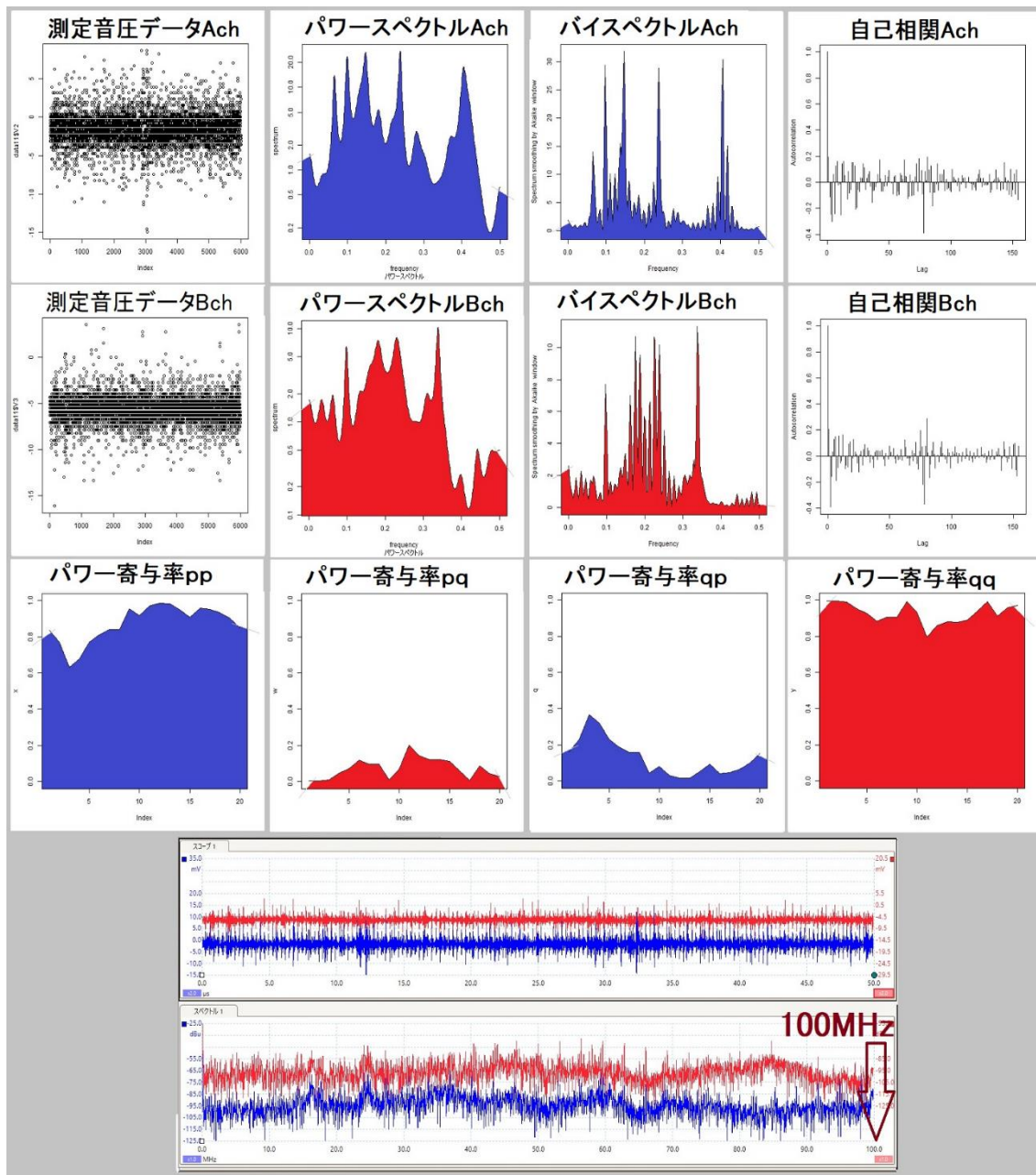
サンプリング時間・・・の設定は

オリジナルのシミュレーション技術を利用しています

この技術を

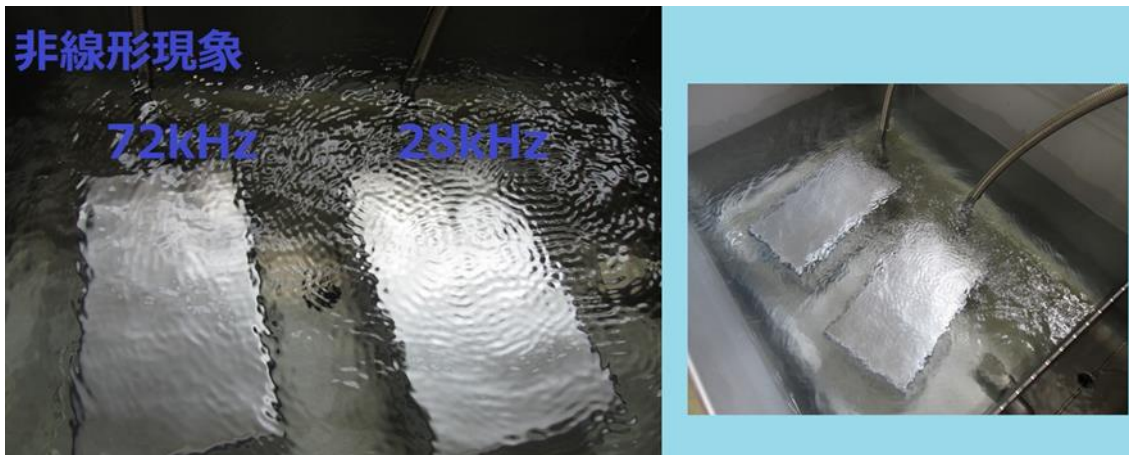
超音波システム（洗浄、攪拌、加工・・・）の最適化技術として

コンサルティング対応しています。



超音波水槽に超音波振動子（振動板）を1台使用する場合には
＜超音波＞と＜水槽＞と＜液循環＞のバランスによる
最適な出力状態を測定解析し、提案します。

超音波水槽に複数の超音波振動子（振動板）を使用する場合には
各超音波出力の関係性を測定解析し、
最適化した出力方法・・・を提案します。



従来は、最大出力で使用する傾向が強いと思いますが
水槽の強度・構造・・・洗浄物・付着した汚れ・・・により
出力を適切に抑えることで
効果的な超音波の伝搬状態を実現させることができます
(具体例として、出力が水槽の振動と騒音になる傾向があります
振動子と水槽の側面からの反射・・・により低周波の発生があります
各種の相互作用により、
共振やうねりによる超音波伝搬効率の低下があります)



対処方法（超音波洗浄を例として）

1) **超音波装置をシステムとして捉える**

2) 超音波装置の音圧測定（振動計測）を行う

3) 音圧データの解析により

振動の伝搬特性から問題点を検出する

3-0) **安定性**

洗浄システムの安定性の確認

（時間経過とともに、どの程度

超音波の音圧変化・周波数変化・洗浄液の変化・・・

があるのかということを確認して、許容範囲を推定する）

3-1) **水槽の問題**

構造、強度、設置方法、固定方法、・・・

3-2) **洗浄液**

各種（溶存酸素濃度、液温、pH、・・・）の分布

3-3) **液循環**

ポンプ、マイクロバブル、液面振動、オーバーフロー、・・・

3-4) **超音波**

出力、周波数、制御、キャビテーション、音響流、・・・

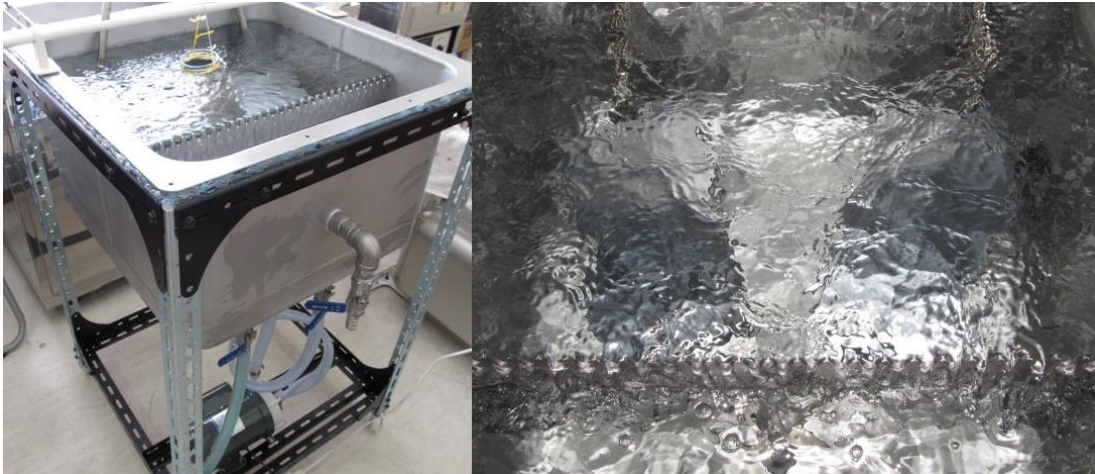
4) 洗浄実験確認

洗浄効果のある超音波状態（音圧レベル、主要周波数、変化）を確認する

5) 3) 4) の結果を整理して

改善方法をまとめる





具体例

* 水槽の問題

オーバーフロー構造の修正・追加

設置方法の変更

設置場所（床面）の修正

水槽の表面処理（超音波とマイクロバブルによる応力緩和処理）

* 洗浄液

マイクロバブル発生液循環システムの追加

液循環の設定条件により

キャビテーションと音響流を最適化する

* 超音波

複数の異なる周波数の超音波を制御して使用する

振動子の設置方法を変更

液循環と超音波振動子のONOFF制御により

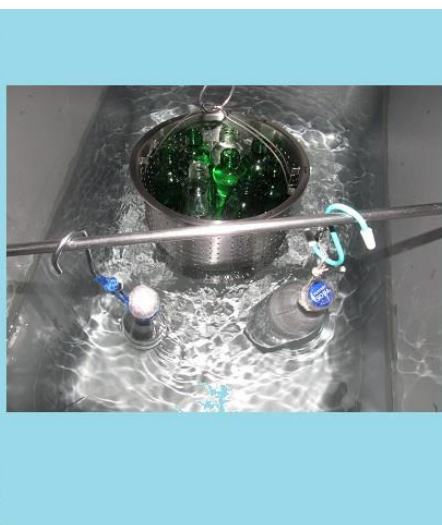
キャビテーションと音響流を最適化する

* 洗浄

洗浄条件（洗浄物、汚れ、・・・）における変動範囲の確認

洗浄目的（洗浄レベル、不良率、・・・）の確認

洗浄評価方法の確認



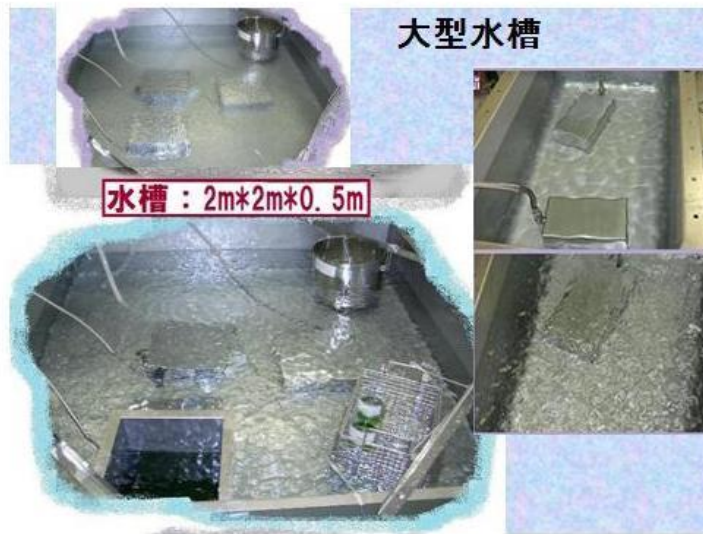
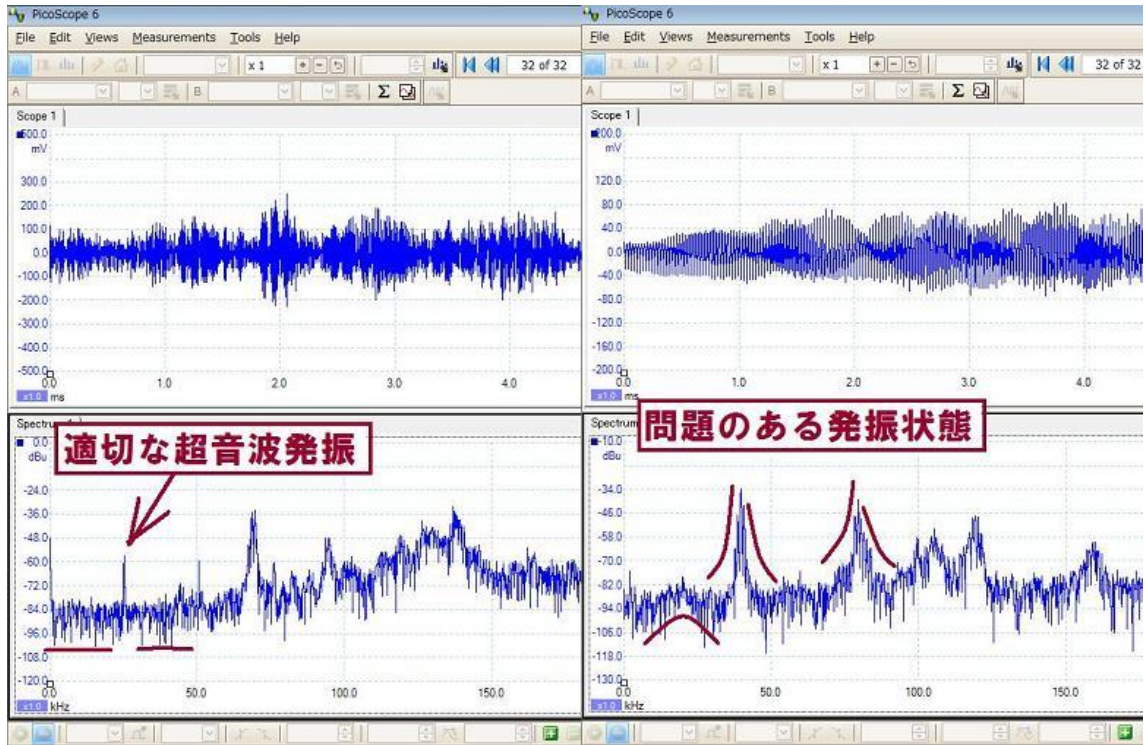
超音波の最適化技術に関する情報

- 1 : 精密洗浄、ナノレベルの攪拌・・・において
低出力のメガヘルツ超音波刺激が効果的である
市販の安価なメガヘルツの超音波との組み合わせが有効です
- 2 : 周波数50kHz以下で、出力600W以上の超音波使用の場合
対象物の音響特性、あるいは水槽の音響特性・・・により、
対象物の表面に対して、
低周波の振動刺激（20kHz以下の振動が主成分になる）が、
洗浄効果に発展できていない事例が多数ある
水槽の強度や音響特性に合わせた
超音波振動子（出力、周波数）の選定が重要
- 3 : 洗浄物と超音波（出力・周波数）と洗浄液（液循環・・・）に関する
最適化のためには、超音波振動現象に関する音圧測定が必要
音圧測定に基づいて
洗浄効果につながる非線形現象を、音圧データの解析結果として、
洗浄効果の主要パラメータが把握できる
（洗浄効果の小さい超音波洗浄機の事例
低周波の共振現象による騒音や液面の振動現象になっている）
洗浄効果は、音圧レベルよりも
周波数変化を含んだダイナミックな音圧変化を確認することが重要



- 4 : 周波数50kHz以下で、出力600W程度の超音波使用の場合
 メガヘルツ超音波との組み合わせによる
 相互作用をコントロールすることで
 脱脂洗浄で発生する油分の分解作用が発生
 (キャビテーションと音響流の相互作用による
 ラジカル反応による効果
 油分の分解、洗浄液の流動性の改善、乳化作用、分離作用)
- 5 : 現状の超音波振動子の多くが、発振面に対する取り組みが少ない
 単純な発振面は、一定の出力レベルが必要となるため、
 超音波伝搬効率が悪い
 (振動面の形状が悪いと、さらに超音波の伝搬効率は低下する
 発振周波数・出力に合わせた設計が必要)
- 6 : 対象物を伝搬する超音波の刺激は、
 対象物の音響特性により大きく変わる
 主要パラメータ
 (構造と強度バランス)
- 6-1) 音圧レベルと振動モードの関係
 6-2) 超音波の送受信による応答特性
 6-3) 振動モードの時間特性 (時間経過に伴う振動モードの変化)
 6-4) 対象物の固有振動モード (あるいは固有振動数)
- 7 : 対象物の音響特性確認により
 対象物の材質による、超音波伝搬特性の利用が可能になる
- 7-1) 間接容器・治工具・・・の各種材質との組み合わせ
 7-2) 音圧レベルと伝搬周波数の最適化 (ダイナミック制御)
 7-3) 媒体 (洗浄液・・・) の流れによる相互作用の調整
 (ナノバブル・ウルトラファインバブルの利用)





<<参考>>

脱気ファインバブル発生液循環

<https://youtu.be/-hAW8HAATLA>

<https://youtu.be/v9iUAug67Wk>

<https://youtu.be/FAjL1t4PCKw>

<https://youtu.be/3HGdlu1VQAw>

<https://youtu.be/k0vqoaiIjts>

<https://youtu.be/jvZSzgmBizQ>

<https://youtu.be/iX1bofg1fo4>

<https://youtu.be/4yGJx0fJFBc>

超音波とファインバブル（マイクロバブル）の制御

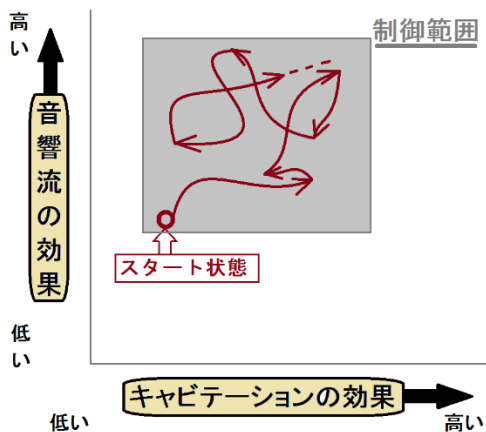
- <https://youtu.be/bdGCnBPYeSs>
- https://youtu.be/M1M0_iqLpCQ
- <https://youtu.be/B2op7Biqe00>
- <https://youtu.be/1elec0bgYII>
- <https://youtu.be/wtgQcUC5HBA>

- <https://youtu.be/-ba3IIIVnbs>
- https://youtu.be/e4gP2p_Hdf8
- <https://youtu.be/UielSn0mWh8>
- <https://youtu.be/53sKJxiavGo>
- <https://youtu.be/fOL5p86wXcc>

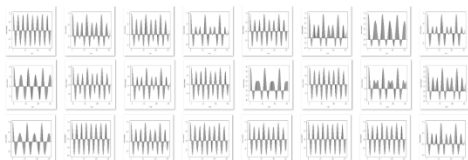
応用技術

- https://youtu.be/-S_hLX-YsCo
- <https://youtu.be/xFJqdmnEBT0>
- https://youtu.be/EN_RmYHgBoY
- <https://youtu.be/rt622P9XYIw>
- <https://youtu.be/i6o6ttKkxhk>
- <https://youtu.be/qMZ5g2yIprQ>
- <https://youtu.be/LzjEqIojvYM>
- <https://youtu.be/L2LN8cOrwWw>

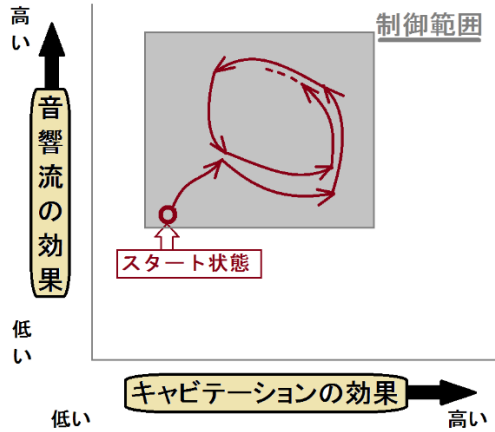
- <https://youtu.be/u1WFjzgenIU>
- <https://youtu.be/USjJ-hWqZ6g>
- <https://youtu.be/mqztsMx0BYE>
- https://youtu.be/ocrmCn_Mvpg
- <https://youtu.be/gaHYe58cZwo>
- <https://youtu.be/Ob20Tm8nAhw>
- <https://youtu.be/udrUmQaws5E>
- <https://youtu.be/GAGe8893jXQ>



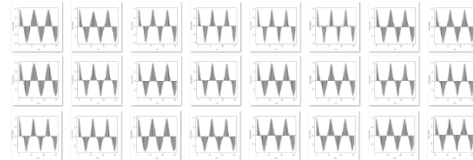
超音波の流れに関する「非線形制御モデル」



音圧データの解析結果：自己相関



単調な超音波刺激に関する「論理モデル」



音圧データの解析結果：自己相関

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>

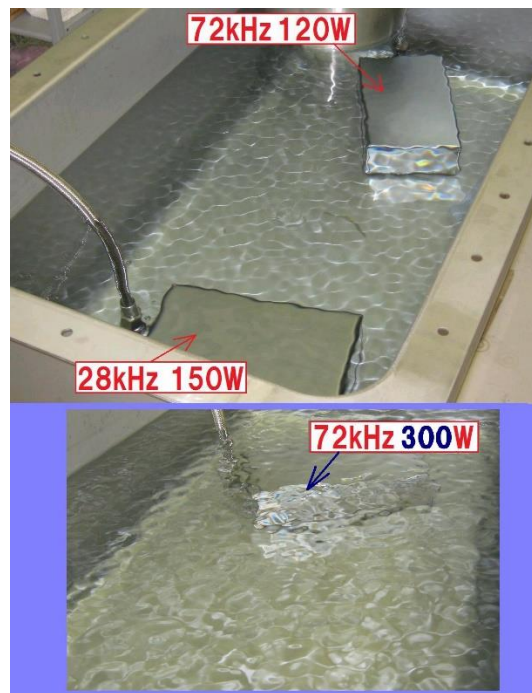
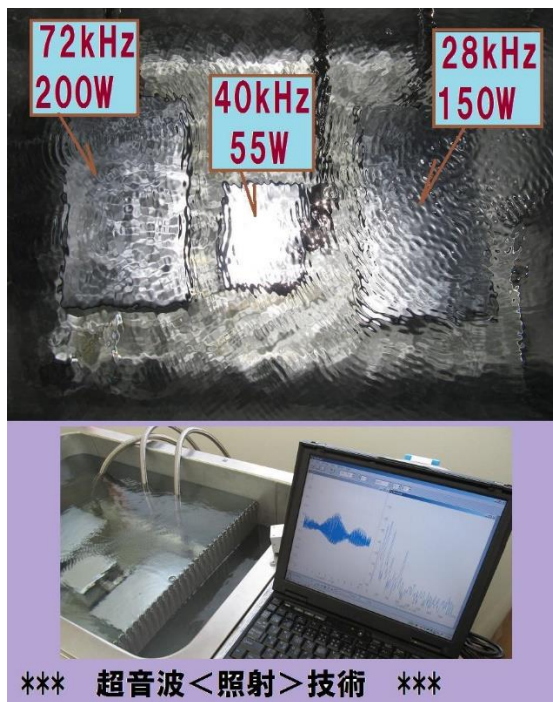
脱気マイクロバブル発生液循環システム追加の出張サービス
<http://ultrasonic-labo.com/?p=2906>

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>

超音波の最適化技術 1
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15226>

超音波の最適化技術 2
<http://ultrasonic-labo.com/?p=16557>

超音波制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=16309>

超音波洗浄について

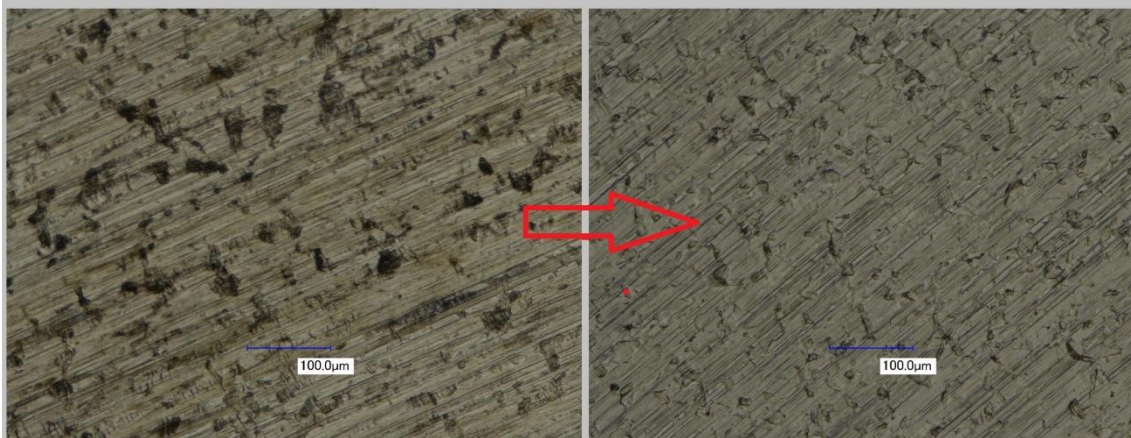
<http://ultrasonic-labo.com/?p=15233>

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

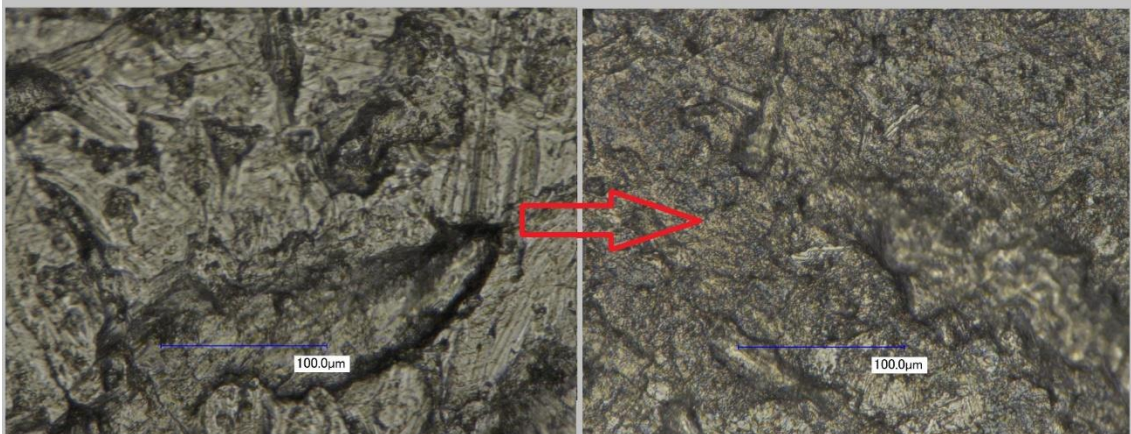
<http://ultrasonic-labo.com/?p=18101>

超音波資料

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1765>



超音波とファインバブルによる表面処理



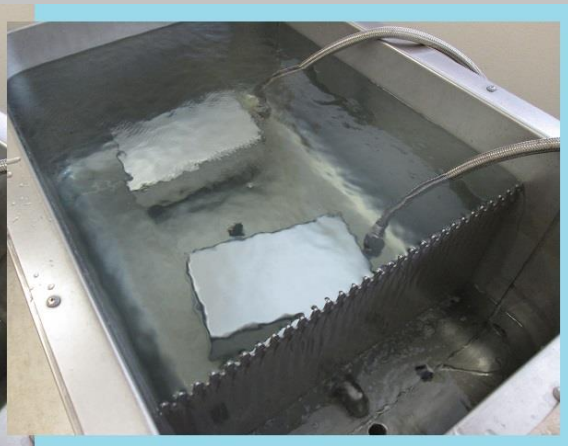
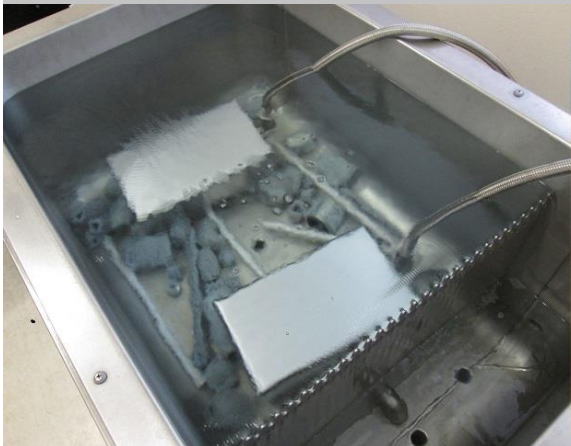
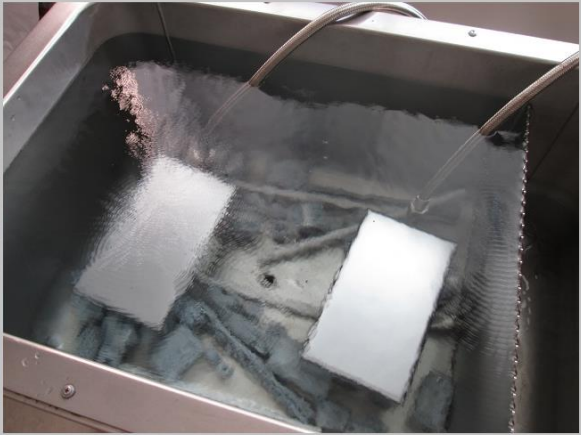
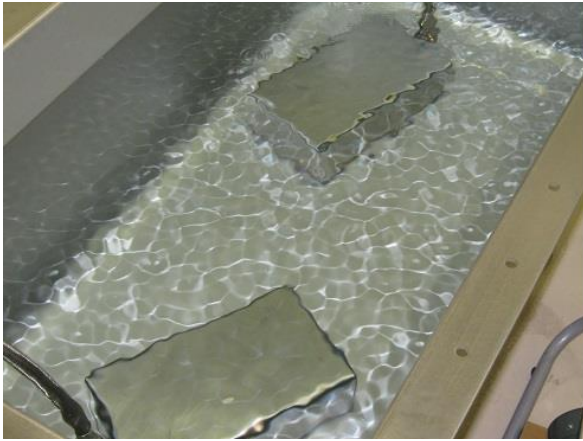
超音波とファインバブルによる表面処理

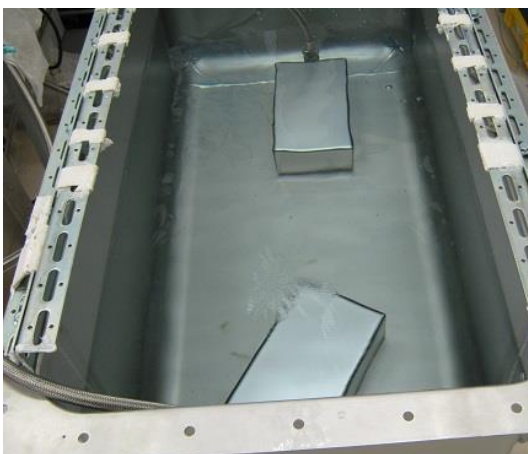
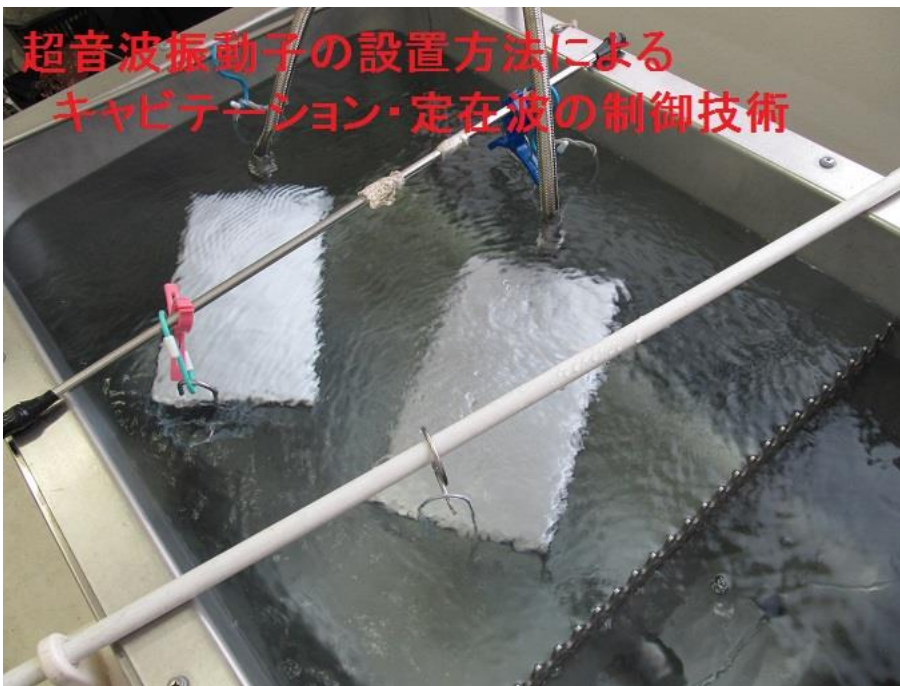
超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

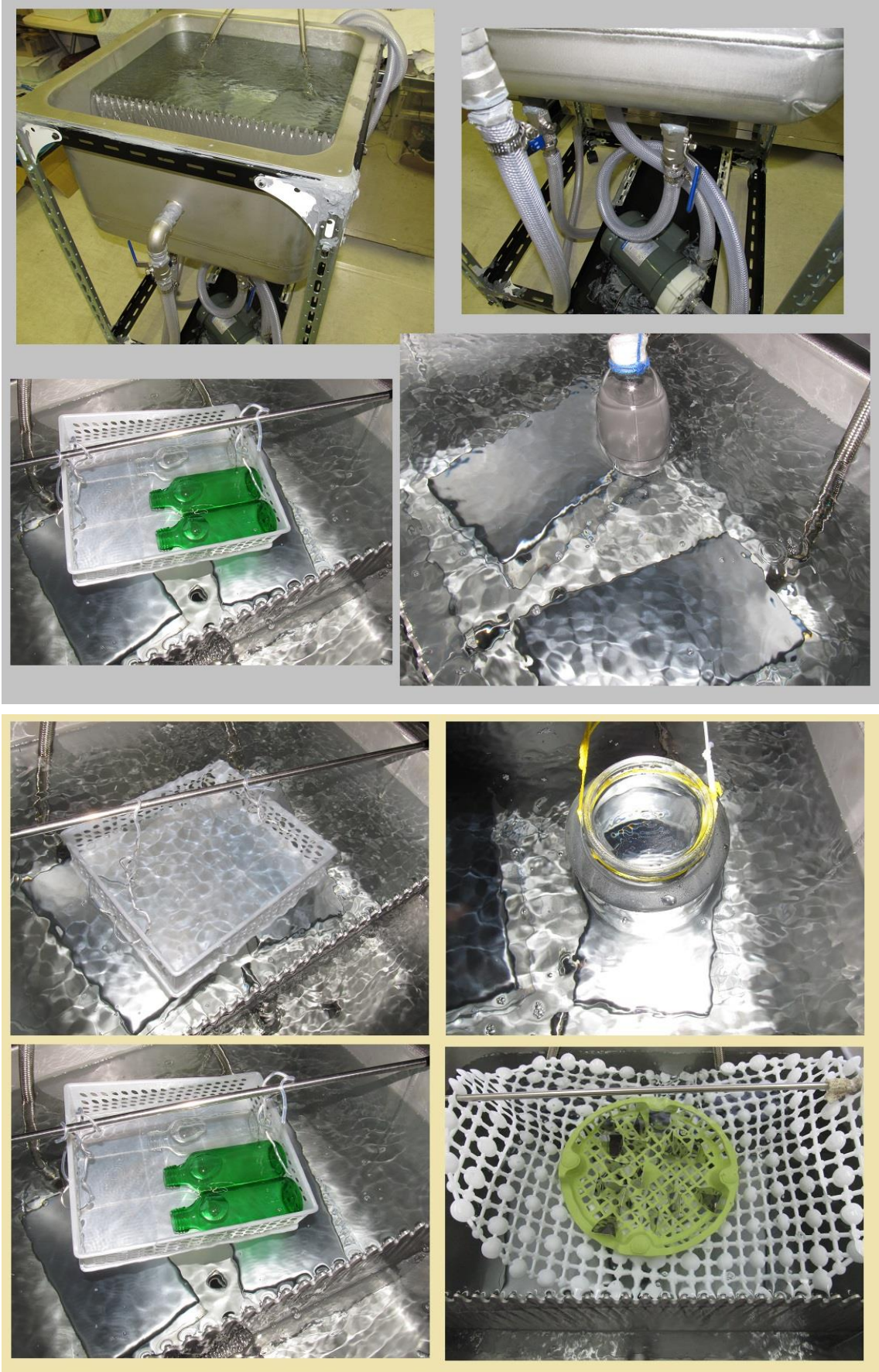
「超音波の非線形現象」を利用する技術を開発

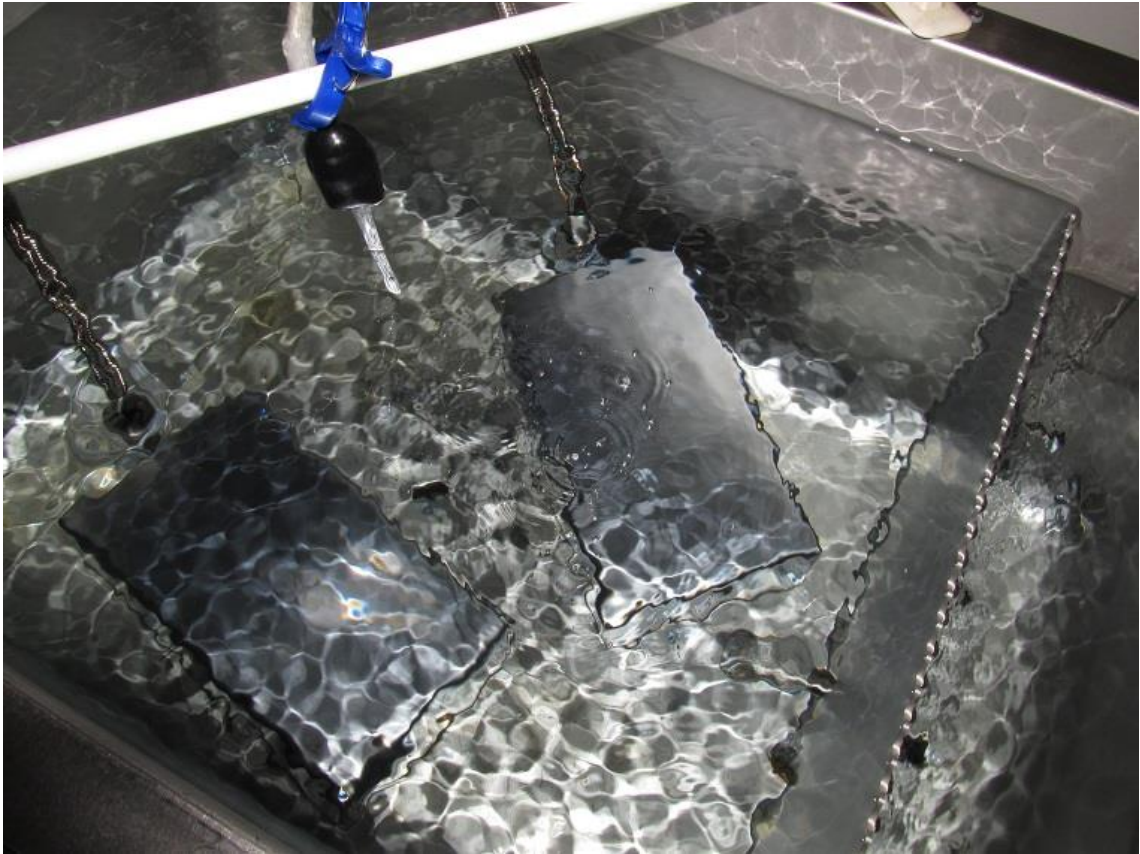
<http://ultrasonic-labo.com/?p=1328>



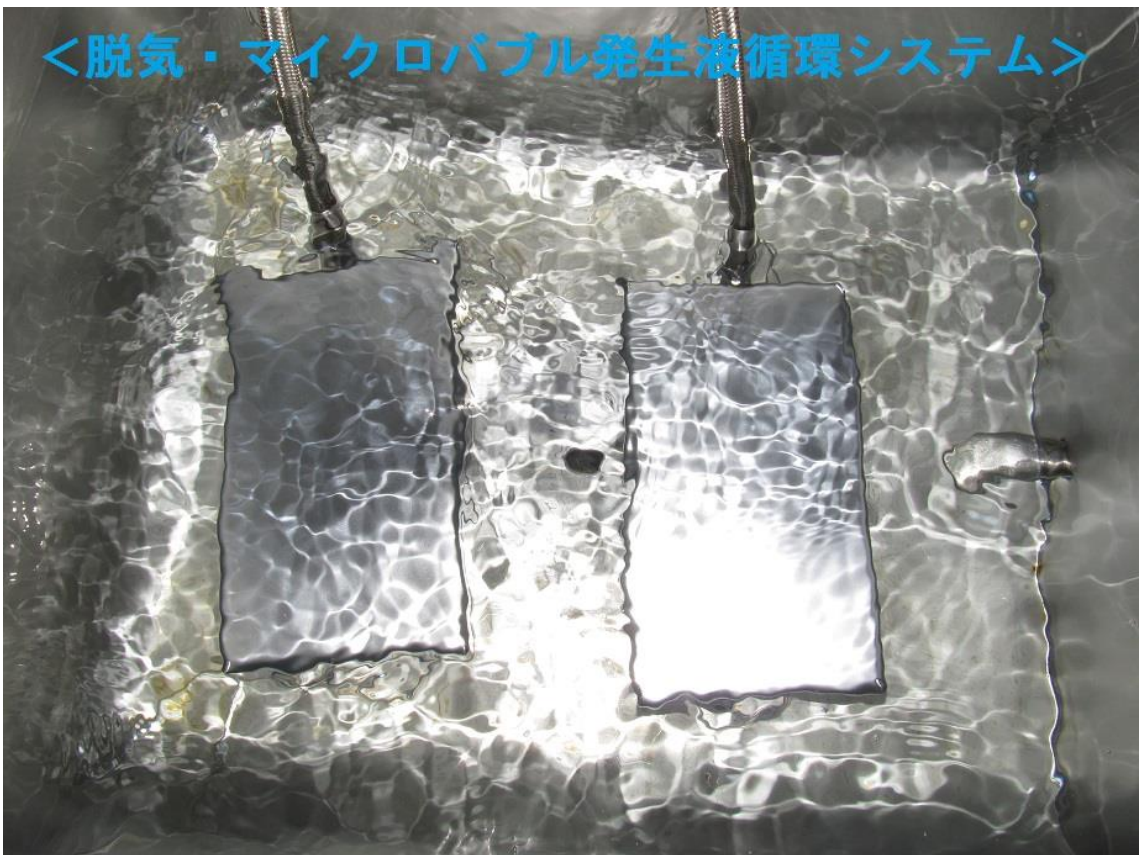


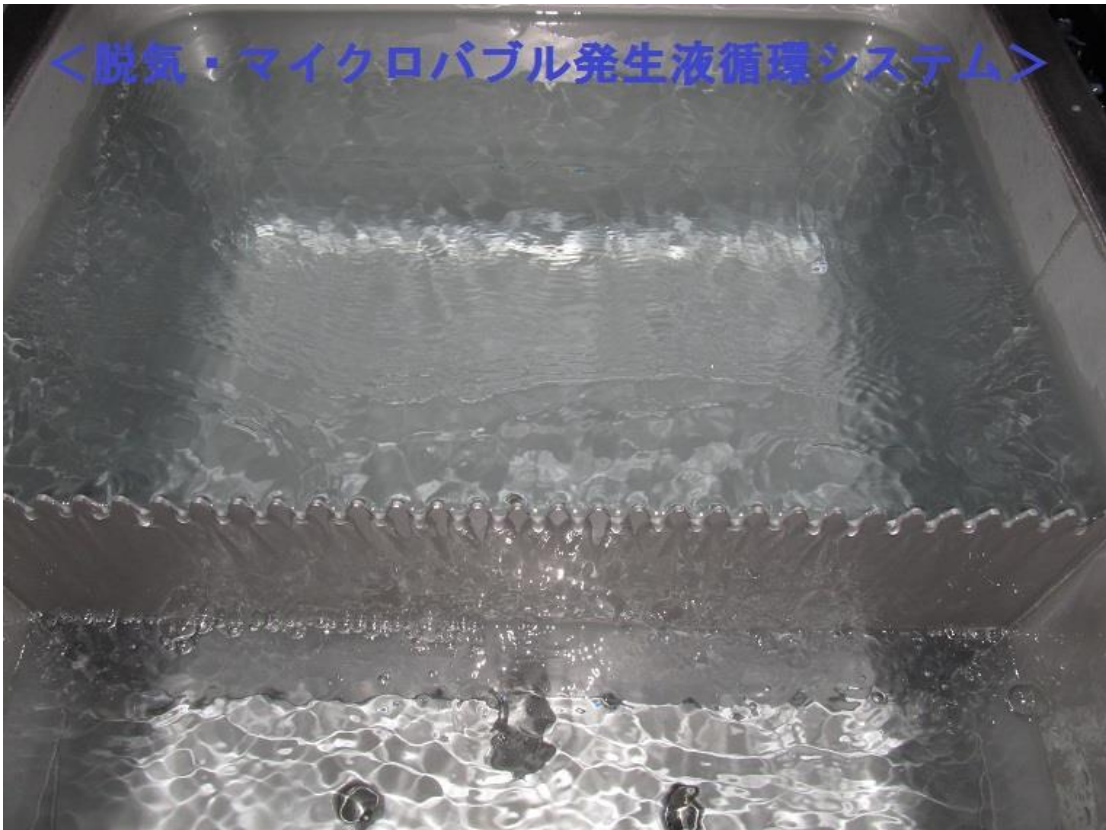
超音波 28kHz 72kHz





<脱気・マイクロバブル発生液循環システム>





超音波（キャビテーション・音響流）の分類

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/6ec4f4af7fbf70707753895bd229e340.pdf>

超音波とファインバブルによる洗浄技術

<http://ultrasonic-labo.com/wp-content/uploads/3f2017384136ac25870d953c906f566e.pdf>

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

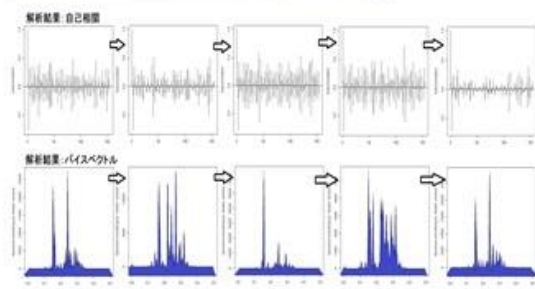
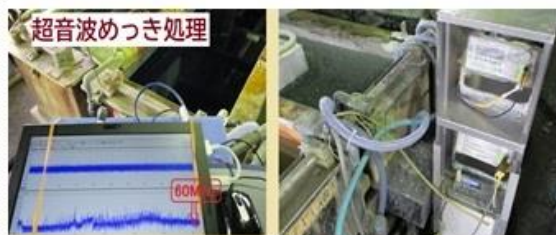
<http://ultrasonic-labo.com/?p=5413>

超音波による金属・樹脂表面の表面改質技術

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

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>



超音波システム（音圧測定解析、発振制御）

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

「**超音波の非線形現象**」を利用する技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1328>

以上