

超音波とファインバブルを利用した ナノレベルの分散システム 簡易作業手順書



この資料は
超音波システムを有効に利用していただくための資料です
各種の具体的なノウハウを紹介しています
必要な時に再読して下さい。

超音波システム研究所



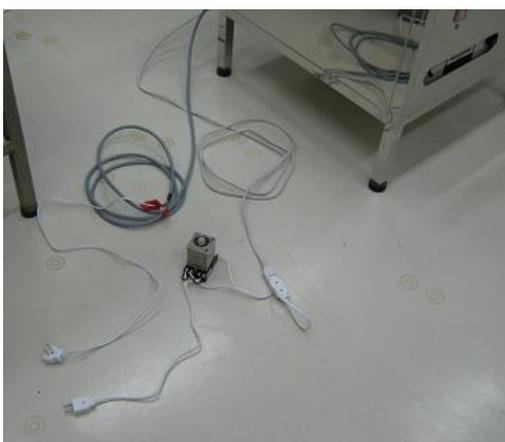
目 次

1. 操作準備<電源コード>	4
2. 操作準備<水槽に水をセット>	5
3. 操作<液循環開始>	6
4. 操作<超音波照射>	7
5. 操作<分散準備>	8
6. 操作<分散準備 2 >	9
7. 分散作業	12
8. 注意	19
9. 仕様	21

注意

この資料は超音波とファインバブルを利用した分散手順について説明してあります
 洗浄・攪拌・乳化・表面処理・・・の各種作業の手順として参考になりますので
 必要な時に利用方法に関するヒントとして参照してください

システム外観写真



超音波電源コード
液循環ポンプ電源コード



1. 操作準備<電源コード>

取扱説明書に基づいて初期セット（超音波システムを動作可能な状態にセットします）

- 1-1：排水バルブを閉める
- 1-2：超音波の接続確認（スイッチ：OFF ボリューム：最小）
- 1-3：電源コード確認（オプションのタイマーを含む）
- 1-4：排水ホースの接続確認



超音波電源コードの確認

液循環ポンプ電源コードの確認

タイマーの確認（ON：4分 OFF：30秒）



<オプション>

オムロン ソリッドステート・タイマ H3CR-F H3CR-F8 AC100-240（タイマー）

オムロン 共用ソケット P2CF-08

2. 操作準備<水槽に水をセット>

適正な液の量は（**40 kHzの場合**）

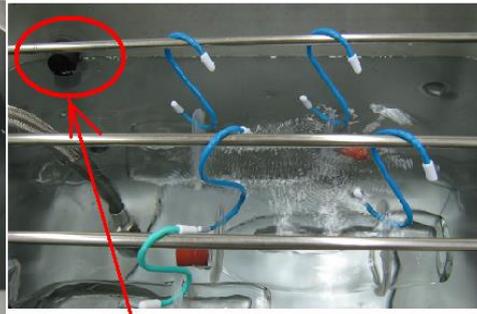
振動子の上面から液面の距離で **15 cm 17 cm 19 cm**（注）です
物を水槽に入れた場合は、ものに相当する液量を取り除いてください

！！あくまでも原則としての値です、状況に応じた調整が必要です！！

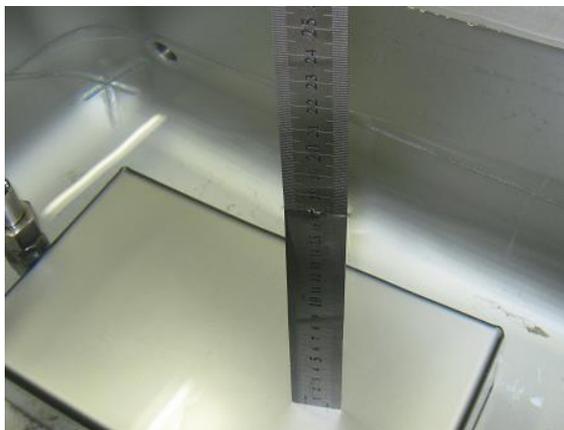
注：19 cmの液深さの場合（ゴム栓を利用してください）



17 cm



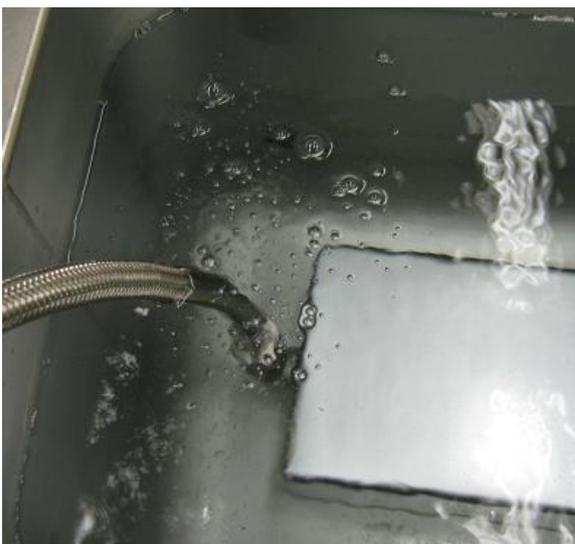
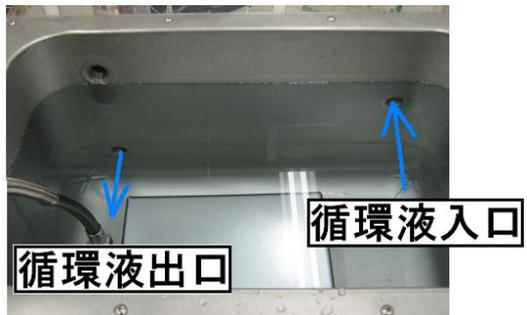
19 cm



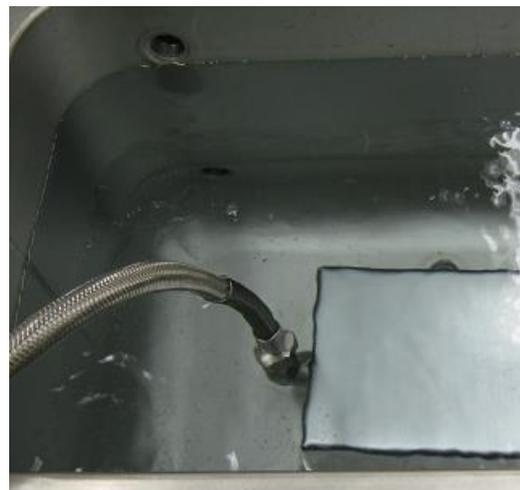
17 cm（計測）

注：写真のように振動子に触れる面はシリコンなどで保護してください

3. 操作<液循環開始>

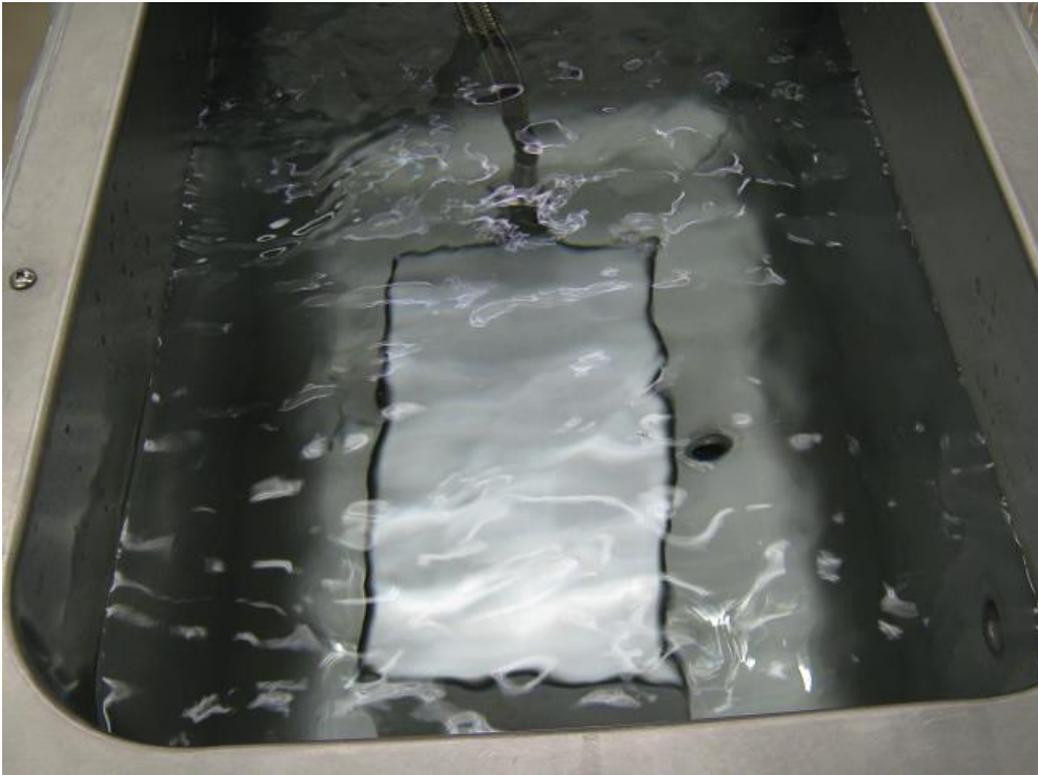


液循環開始時



15分經過後

4. 操作<超音波照射>



5. 操作<分散準備>



物を水槽に入れる場合は、ものに相当する液量を取り除いてください
サントリー炭酸水ガラス瓶 500ml (推奨)



設置状態 (吊るす)

6. 操作<分散準備 2 >

<装置の設置>

超音波をOFFにしてください

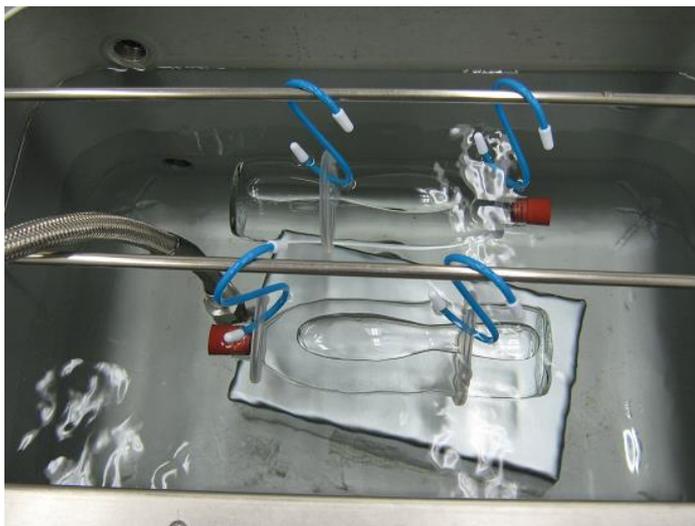
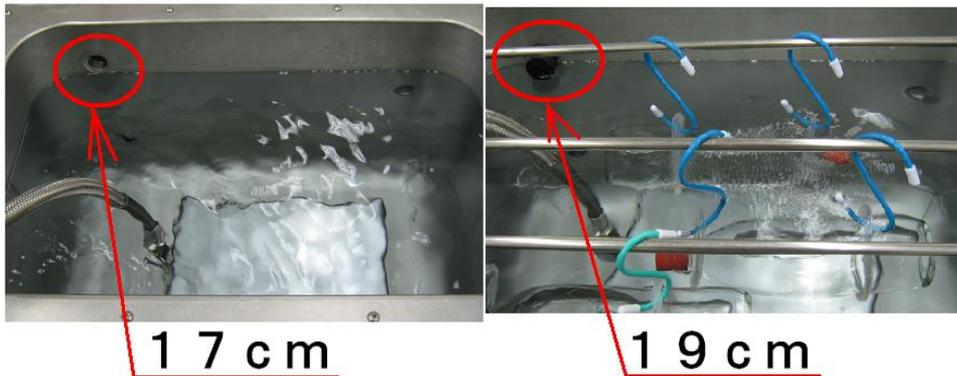
容器内の空気で液面と水平の確認を行いながら設置して下さい。

注：19 cmの液深さの場合（ゴム栓を利用してください）

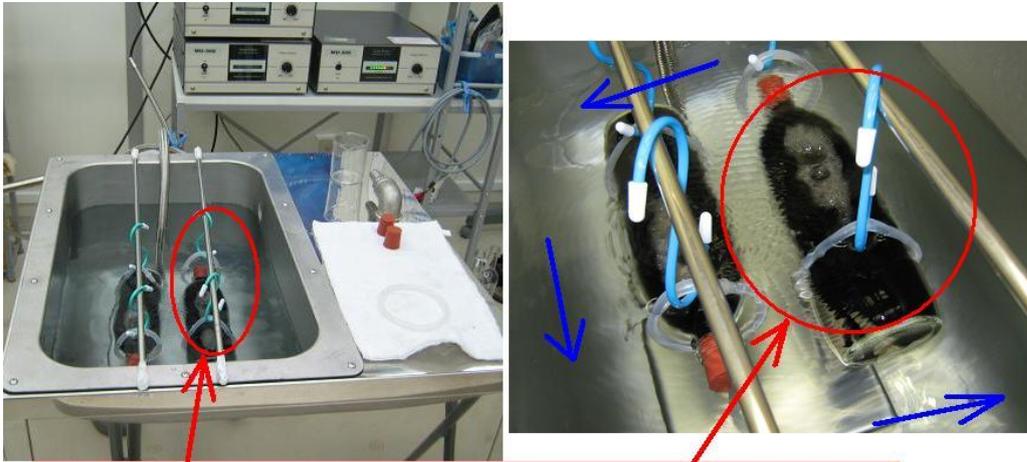
振動子の液深：振動子の上面から液面までの距離

ノウハウ：振動子面は5-13 mm程度の傾斜設定

ポイント：振動子の下部に液循環による流れがあること

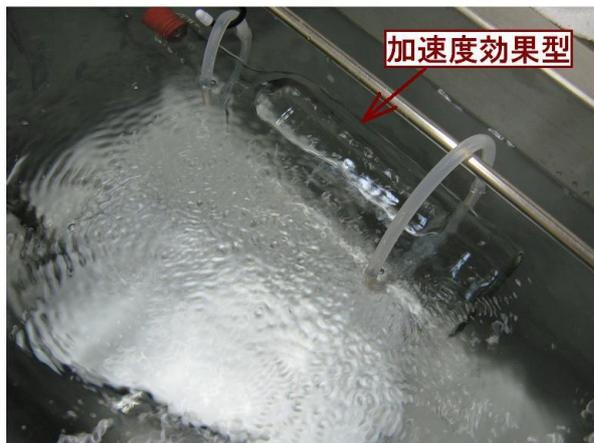


<参考>



攪拌効率の高い位置

液循環制御 (ON/OFF) による音響流のダイナミックな変化



目的に合わせた
ガラス容器の利用技術

キャビテーション

キャビテーション (Cavitation) は、液体の流れの中で
圧力差により 短時間に
泡の発生と消滅が起きる
物理現象である。
空洞現象とも言われる。

加速度

液体に超音波を照射すると、
液体分子が振動する。
この振動の速度変化のこと。
加速度で洗浄を行なっている。

音響流

有限振幅の波が
気体または液体内を伝搬するときに、
音響流が発生する。

音響流は、大変複雑な現象であるが、
音場内の対象(洗浄物・治具・液循環・・・)
の近傍で生じる一定方向の定常流である。

<ヒント>

非線形音響 : 有限振幅の変形波形の影響
(高次の周波数が発生する)

音響流 物理化学的反応

音響流は、
超音波伝搬プロセスの利用
(洗浄、乾燥、乳化・分散、燃焼、抽出・・・過程)での
もっとも重要な要因である。

物理作用・化学作用を著しく促進する。

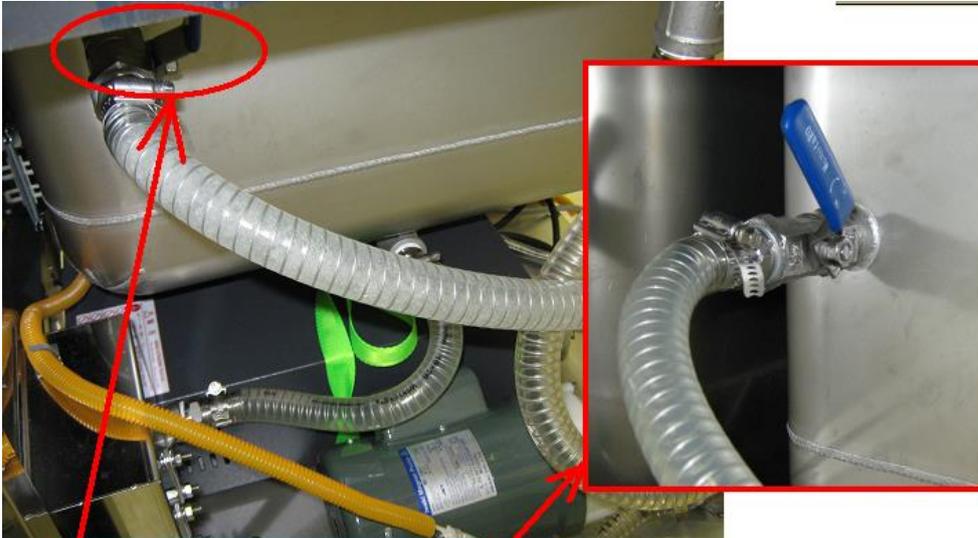
音響流の作用効果は、
速度の要因となる様々なパラメータにより
大きく変化する。



7. 分散作業

超音波をONにして、様子を確認します

液循環調整バルブと追加のガラス容器を利用して調整します



液循環調整バルブ

液循環調整バルブは絶対に閉め切らないでください

超音波のキャビテーションを主体に利用する場合は、

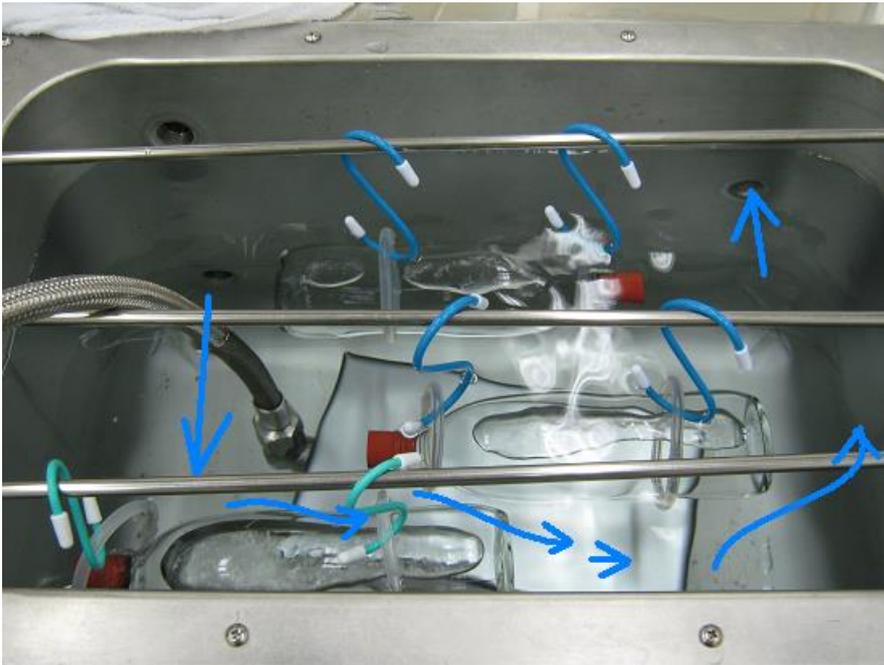
バルブを閉める方向で

超音波の加速度を主体に利用する場合は、

バルブを開ける方向で、調節してください

注：ポンプの最小液循環流量は8リットル毎分です



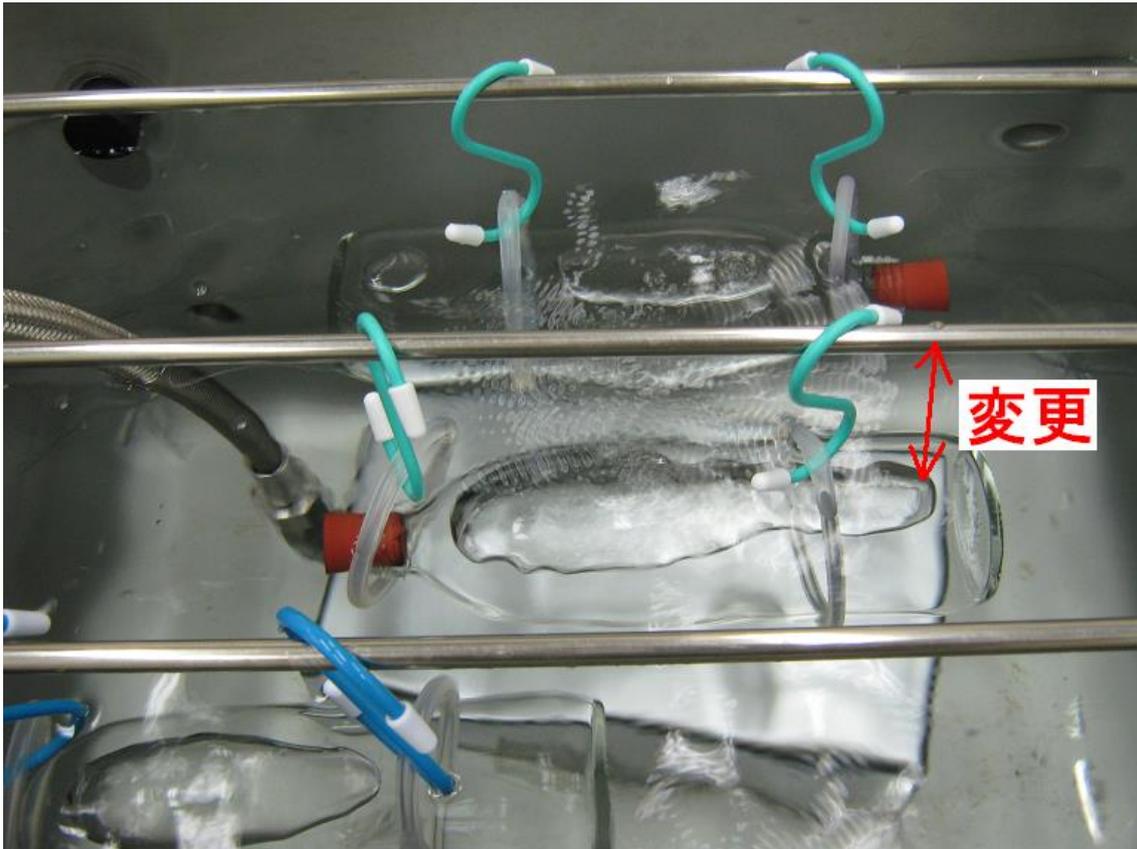


液循環の修正

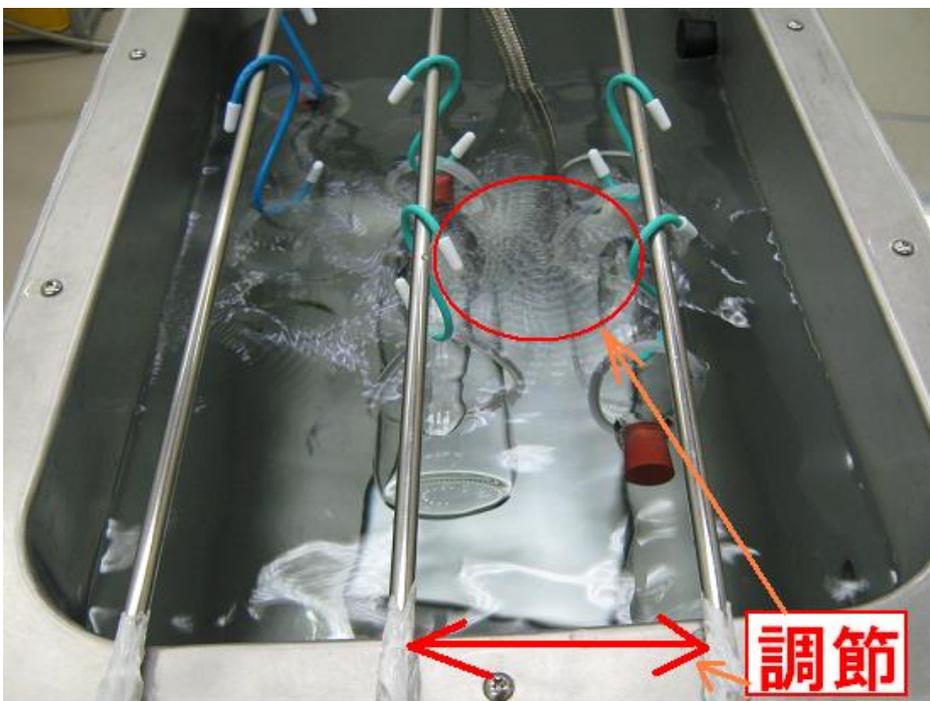
(ガラス分の揺れと超音波による音響流の変化
音圧測定により測定解析することが良いのですが
慣れてくると目視でも判断できるようになります)



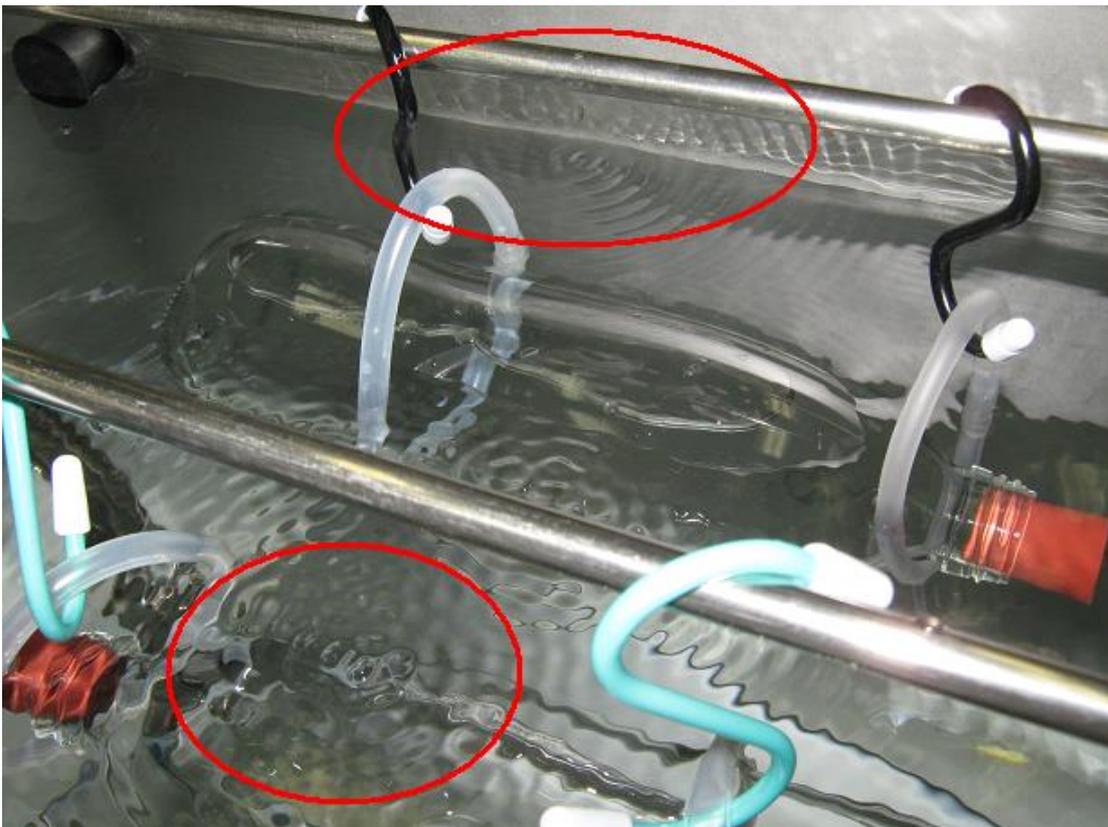
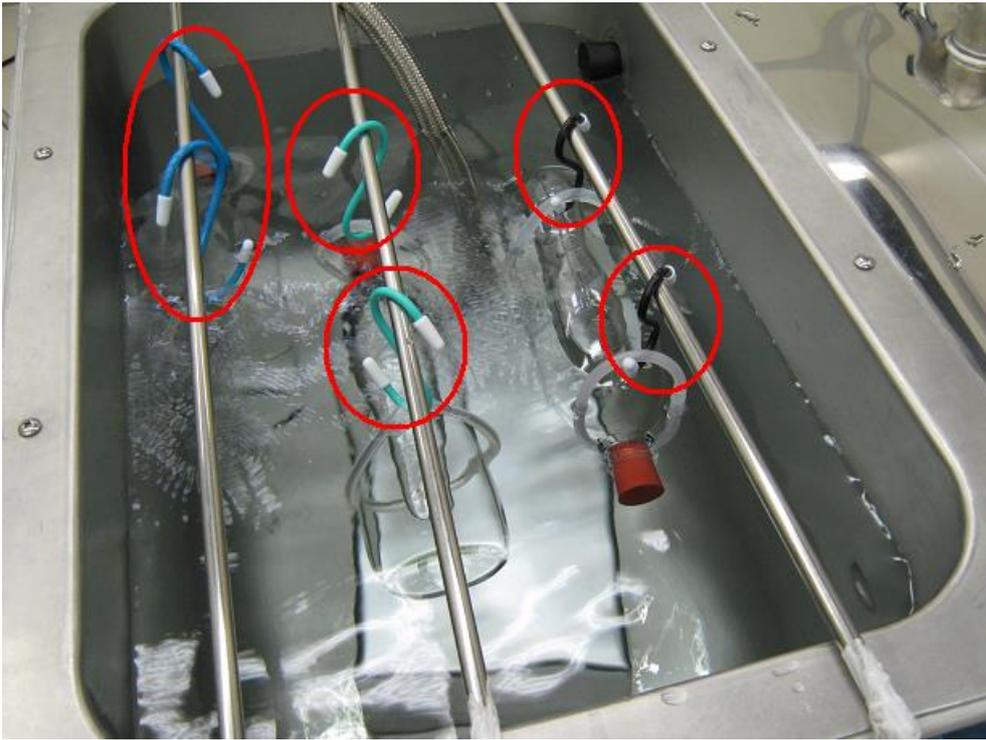
注：超音波をOFF状態にして水槽内の流れを観察して
超音波照射時の水面の状態と比較して検討すると伝搬状態が推測できます



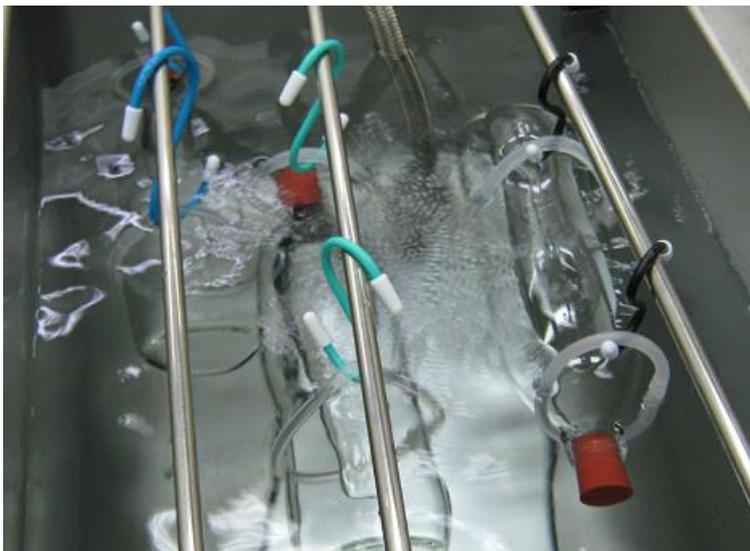
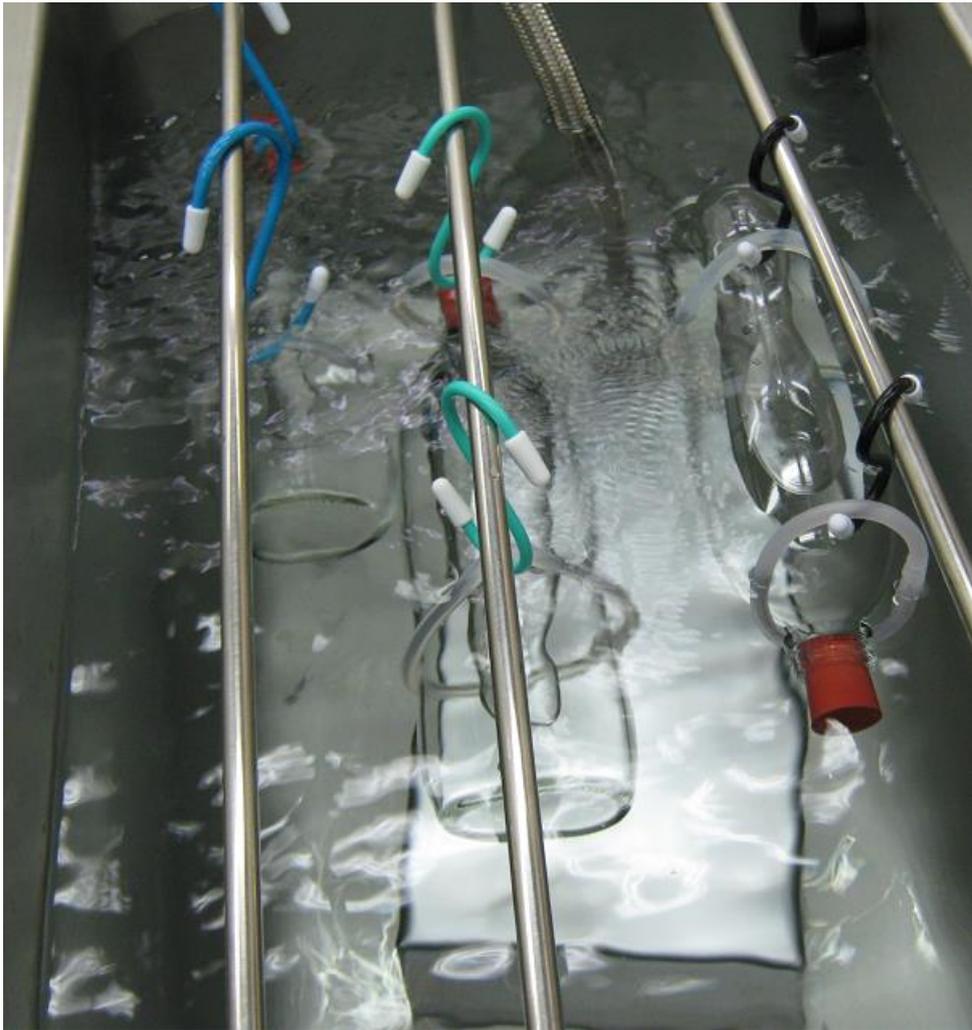
ガラス容器の水中位置の調節



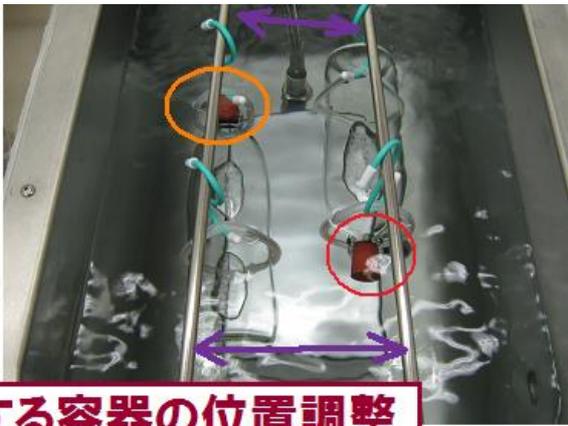
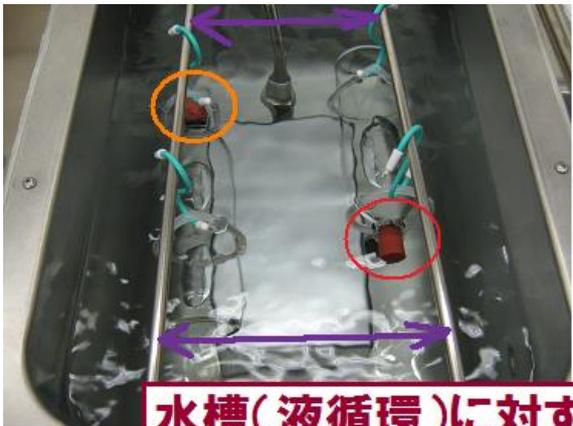
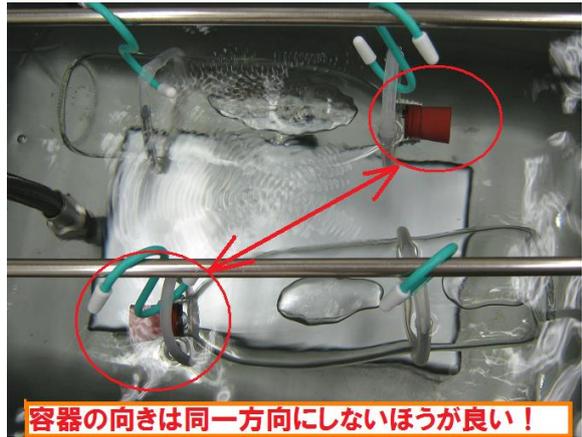
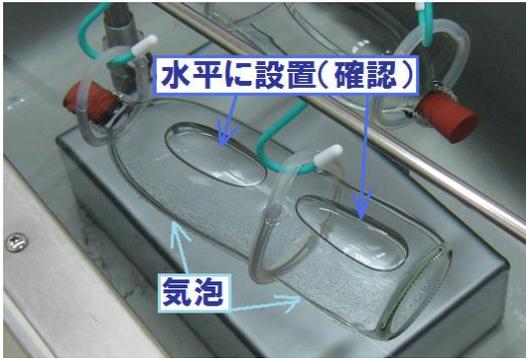
注：2つの容器を近づけすぎると超音波を大きく減衰する場合があります
容器の音響特性により大きく変わります、効果的な容器を見つけることは重要です



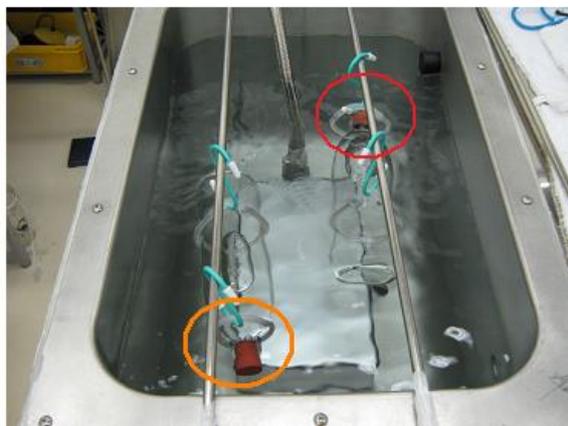
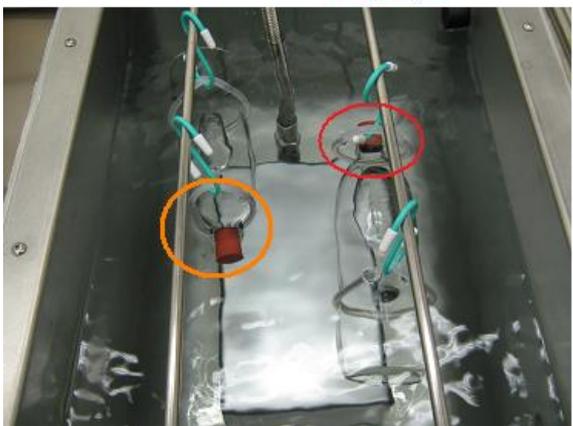
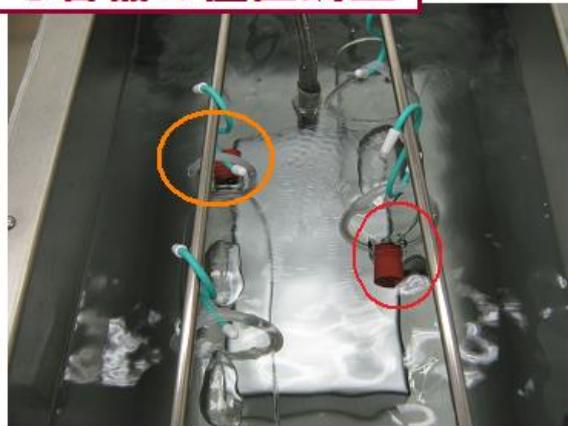
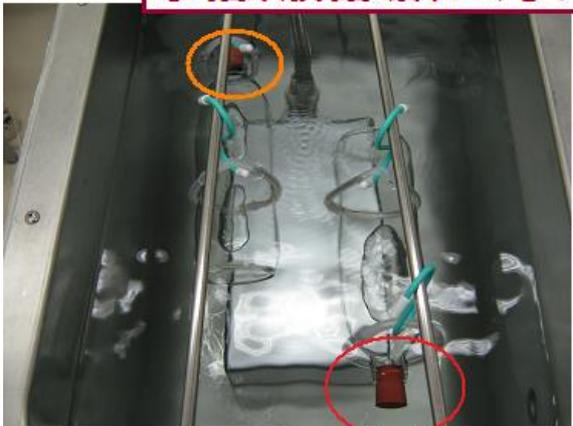
注：液面の状態を観察しながら、位置関係を適切に調整することが必要です
揺動装置・・・により、ゆっくり（毎秒1－3mm程度）ガラス瓶を操作すると
高い音圧で高い周波数（高調波）が発生します



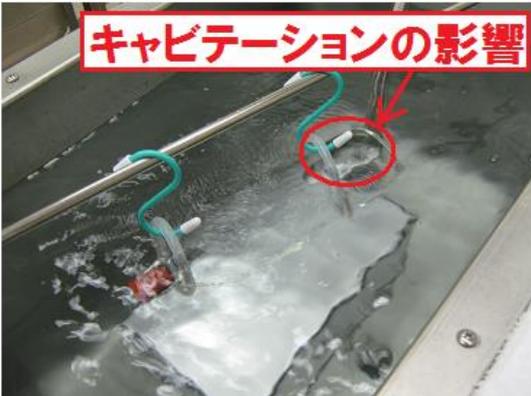
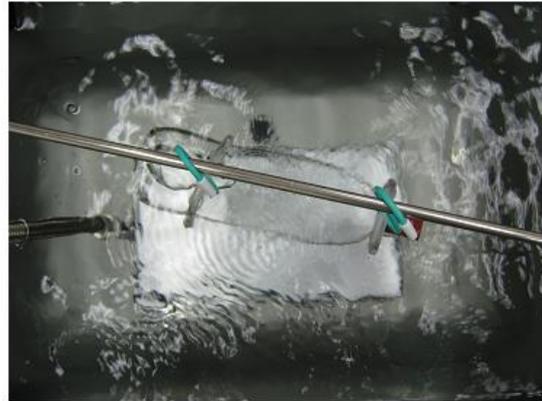
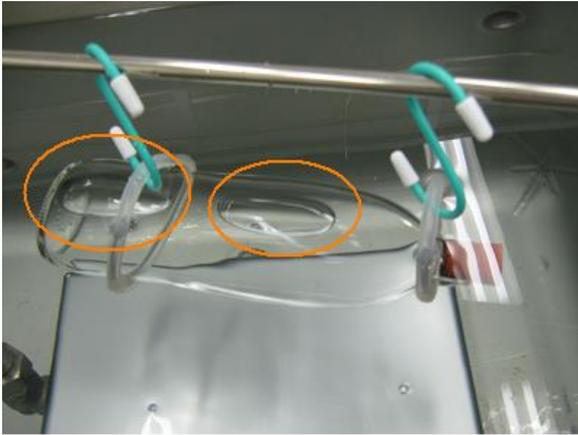
注：各種の組み合わせによる設定を行うと、液の深さの再調整が必要になります
上記の状態は19.5cm（振動子の液深）が適切になっています
水中に入れたガラス容器による、超音波の透過・屈折・反射の影響です



水槽(液循環)に対する容器の位置調整



<ガラス容器1個の場合>



注： キャビテーションの効果が高い状態で1時間以上連続照射すると
ガラスにダメージを発生させます

(10-15分に一度、位置変更を行う、

液循環量を多くして容器が揺れるようにする

等の対処を行ってください)

8. 注意

超音波照射を1-2時間継続して行うと

写真の青い○の部分が発熱します（標準的な条件で30-35℃程度です）

シリコン樹脂に超音波が吸収されることが原因ですが、問題ありません



水面に浮かぶゴミについて

数時間の超音波照射（あるいは液循環のみの場合も含む）を行った後で5-8時間放置しておくと液面にマイクロバブルの効果による汚れやゴミが浮かんでいる状態になります

（容器ですくい取り除去すると、よりきれいな状態で利用できます）

装置内部からのものではありません（液中のコンタミです）、問題ありません

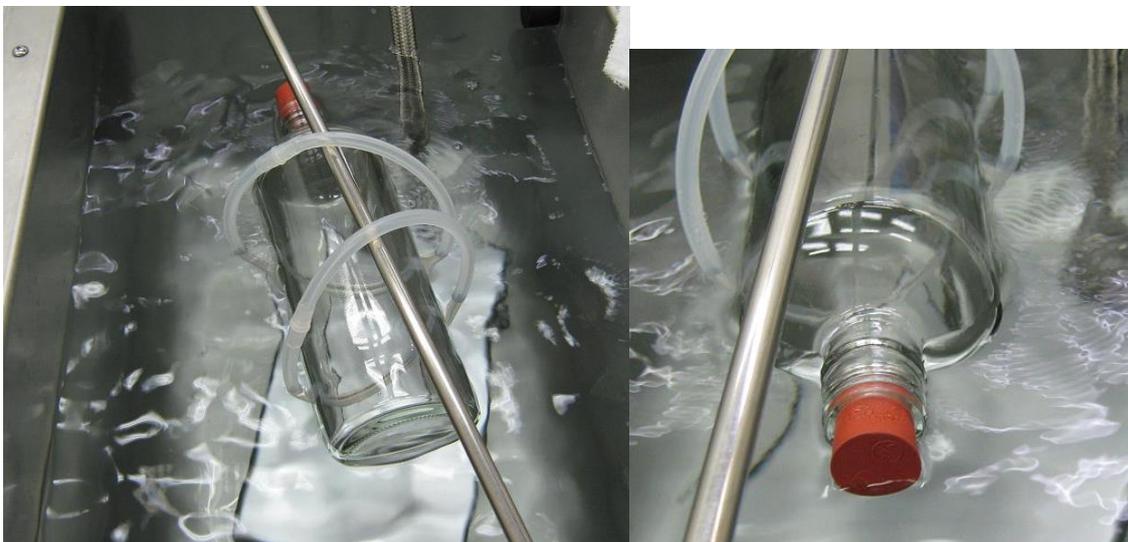
洗剤・溶剤・・・洗浄液を作成する場合の

基本となる液体として利用できます

（1MHz以上の超音波を利用することで、pHを調整することも可能です）

ガラス容器を中空で密封すると写真（下）のように**危険です**

必ず、水を入れる・あるいは密封しないで使用してください



密封・中空による ダメージ

容器の形状・材質による影響が主な原因です

上記の容器は割れた部分に大きな振動が発生する形状のため割れてしまいます
音圧レベルの問題だけでなく、ダイナミックな周波数変化により強い刺激が発生します
ガラス瓶を揺らす理由は、この刺激をガラスが受けなくて、内部に伝えるためです

9. 仕様

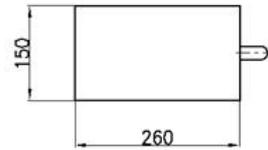
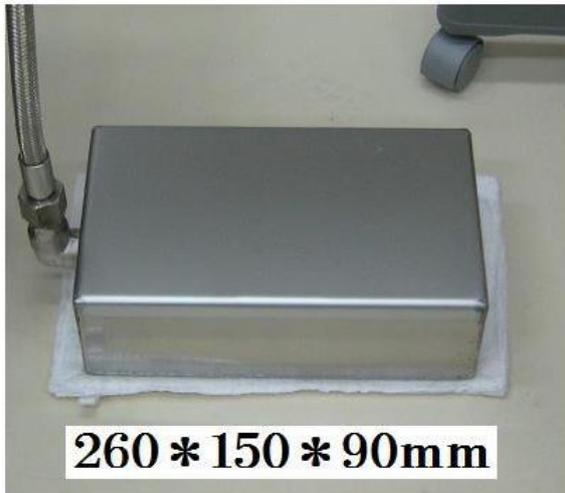
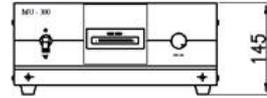
超音波システムの仕様は次のとおりです。



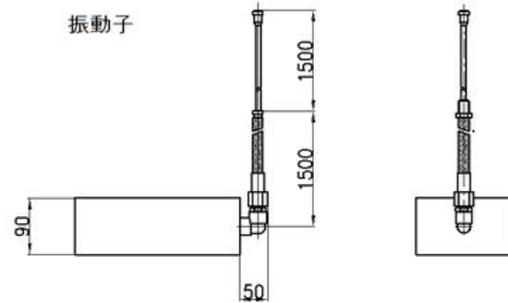
項目	主仕様
名称	533S 型超音波システム
公称流量	12-30L/MIN
制御方式	バルブによる調節機構
ポンプ起動電流	9.2/8.2A(50/60Hz)
ポンプ定格電流	3/4.2A(50/60Hz)
ポンプ電源	商用電源 AC100V
	単相 50/60Hz
超音波周波数	40kHz
超音波最大出力	300W
超音波電源	商用電源 AC100V
	単相 50Hz
液温範囲	10℃~70℃
対象液	水、イオン水
適応ホース	内径φ19mm
外形サイズ	602 * 602 * 801(h)mm
振動子サイズ	260 * 150 * 90mm
発振機サイズ	320 * 420 * 145mm
水槽サイズ	520 * 320 * 350mm



發振器 320 x 420 x 135(H)



振動子



<ガラス容器について>



サントリー ソーダ 500ml

炭酸水に対応するガラスの強度と、赤い丸の部分のデザインにより音響特性が良好なことにより、超音波の分散が効率よく行えます

強度バランスの悪い容器の場合、高い音圧によりガラスが割れる場合があります

- 1) 容器内に液体を十分（適切）に入れてください
- 2) 水槽内で水中にしっかり（適切に）入れてください
- 3) 容器に不必要な負荷をかけないでください（ゴムバンドできつく縛る など）



月桂冠 上撰 キャップエース 瓶180ml

攪拌量が少ない場合にはこの容器の利用も推奨します

注：瓶はネジタイプのキャップが条件です（ネジの非対称性がポイントです）



100Hの超音波照射によるダメージ（***様 より）

この装置による、良好な分散結果は論文・・・により公開される予定です
参考

>・・・もし特許など知的財産を取得されているか、あるいは今後取得される
> 予定がありましたら、ご連絡いただけませんか。
超音波システム研究所の回答：特許を取得する予定はありません

>・・・支障がない範囲で 記述するように注意いたします。

超音波システム研究所の回答：

CNTに関しましては、**様の技術として公開して問題ありません

（糸（繊維）で吊り下げる

- 1：瓶の表面弾性波が糸に伝わらずに効率よく伝搬する
- 2：糸と瓶（重さと浮力）の力学的なバランスにより効果的な音響流を発生させる）

超音波システム研究所は、一般論として

容器の超音波特性を利用するために

- 1：容器固定による超音波の減衰を小さくすること
- 2：微妙な容器の動きにより、超音波の加速度効果（音響流の利用）を実現させるための公知の技術と考えています

追加情報

CNT以外に対して

金属を含め各種の物質のナノ化については

ナノレベルの物性により、**容器・固定方法**・・・は個別のノウハウになります

<コメント>

メガヘルツの超音波発振制御プローブによる、超音波発振制御技術は、
まったく異なるレベルでのナノ化を実現しています（実績があります 2021.7）

ガラスが割れる心配のある場合は以下のような、

ステンレス容器の利用を推奨します

低周波の振動モードの発生が少ない（強度の高い）容器を利用すると効果的です



*底面の平らな容器の強度のほうが効率的です <ガラス容器との組み合わせ例です>



*円形の構造は低周波の振動を発生しやすい状態になります

容器の固定方法は重要です（適切な工夫をしてください）



アルミ箔のナノ化に関するオリジナルノウハウ写真です、
この工程のあとでガラス瓶に入れ高周波による分散を行います



超音波による鉄粉(ベンガラ)染色



超音波システム研究所

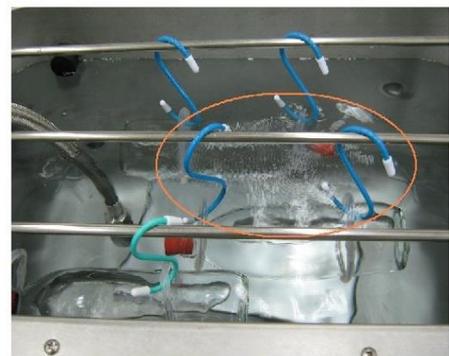
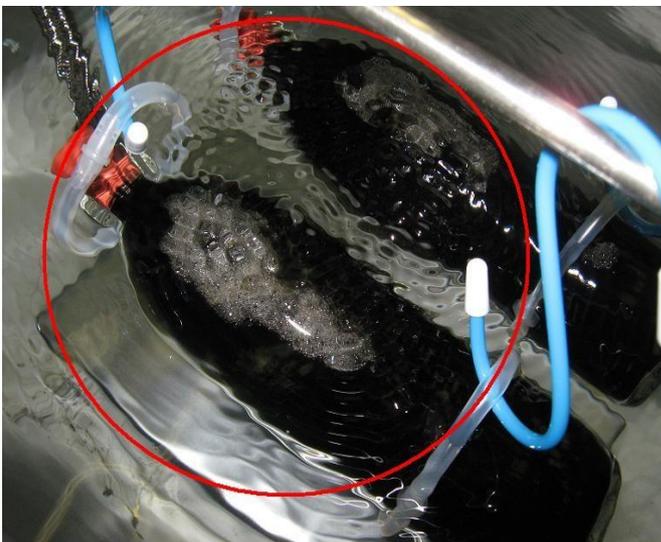
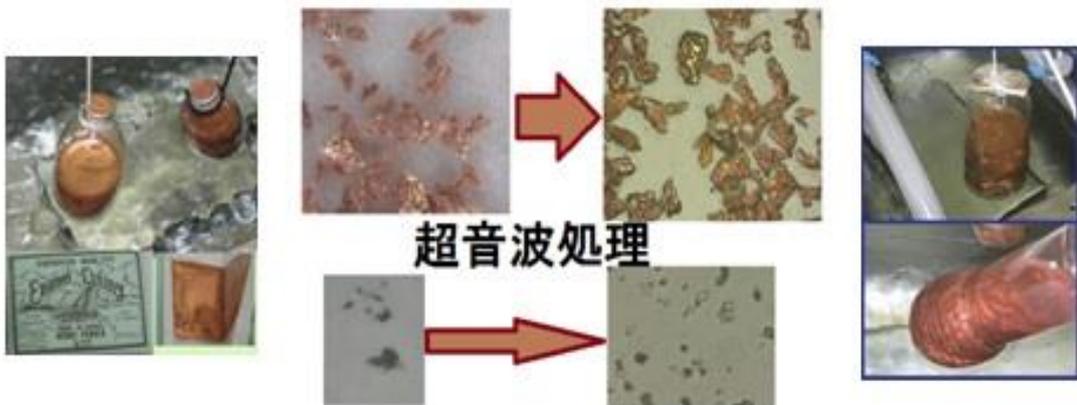
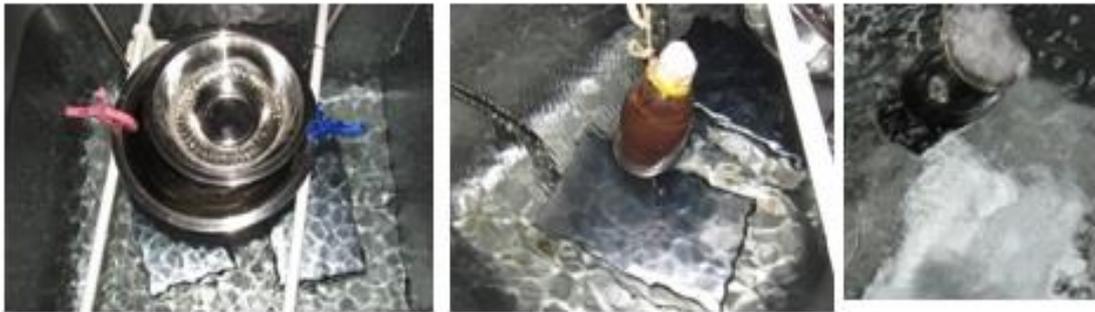




超音波染色！



具体例（写真：ナノレベルの超音波分散）



上記の状態でCNTのナノ化が実現します
回転させると、確実に良くなります

超音波による、ナノレベルの攪拌・乳化・分散・粉碎技術



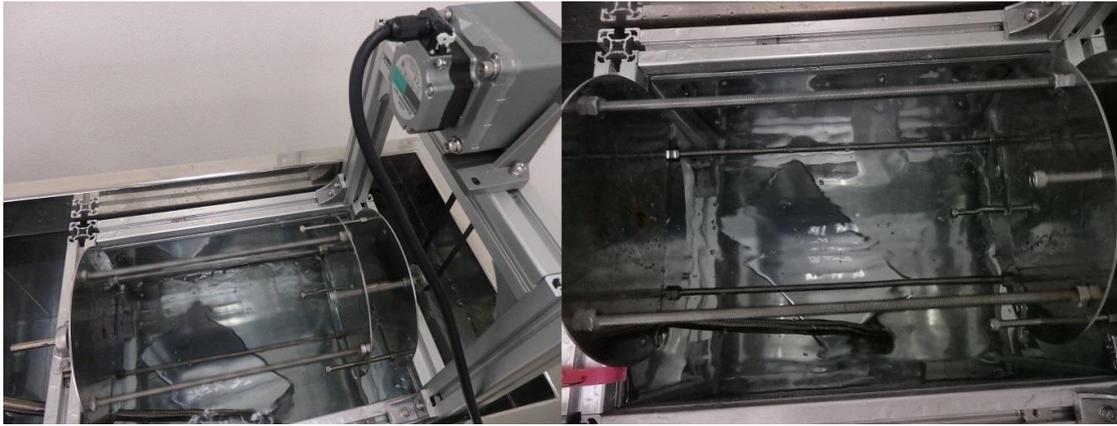
— 超音波の非線形現象を制御する技術による

ナノレベルの攪拌・乳化・分散・粉碎技術 —

超音波システム研究所は、
「超音波の非線形現象(音響流)を制御する技術」を利用した
効果的な攪拌(乳化・分散・粉碎)技術を開発しました。

この技術は
表面検査による間接容器、超音波水槽、その他事項具・・・の
超音波伝搬特徴(解析結果)を利用(評価)して
超音波(キャビテーション・音響流)を制御します。

さらに、
具体的な対象物の構造・材質・音響特性に合わせ、
効果的な超音波(キャビテーション・音響流)伝搬状態を、
ガラス容器・超音波・対象物・・・の相互作用に合わせて、
超音波の発振制御により実現します。



特に、

**音響流制御による、高調波のダイナミック特性により
ナノレベルの対応が実現しています**

金属粉末をナノサイズに分散する事例から応用発展させました。

超音波に対する

定在波やキャビテーションの制御技術をはじめ

間接容器に対する伝播制御技術・・・により

適切なキャビテーションと音響流による攪拌を行います。

これまでは、各種溶剤の効果と超音波の効果が
トレードオフの関係にあることが多かったのですが

この技術により

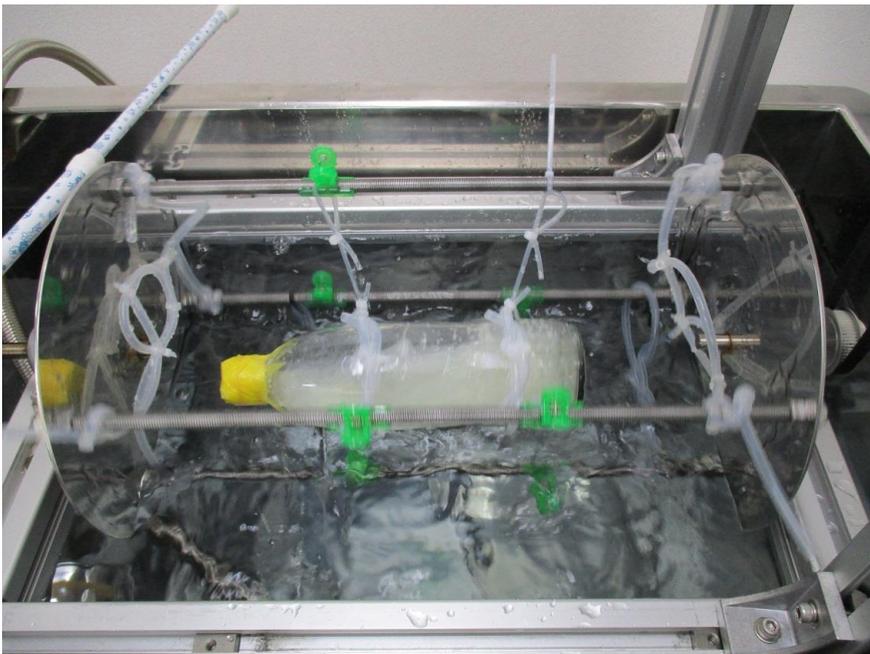
溶剤と超音波の効果を

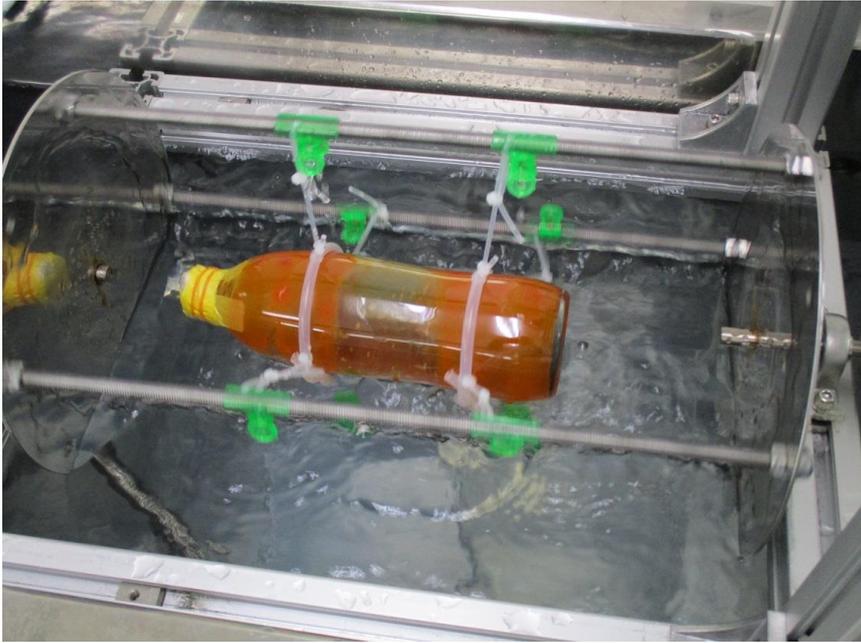
適切な相互作用により相乗効果を含めて

大変効率的に利用(超音波制御)可能になりました。

オリジナルの超音波伝搬状態の測定・解析技術により、

音響流の評価・・・多数のノウハウ・・・を確認しています。





<<基礎技術>>

超音波伝搬現象の分類

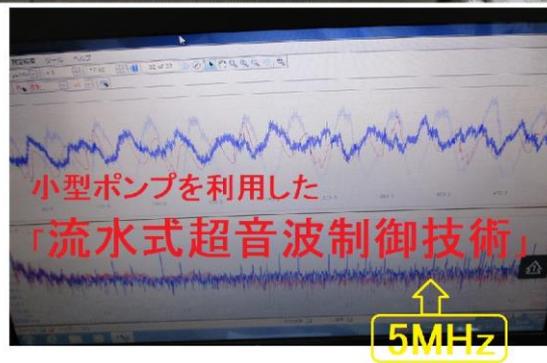
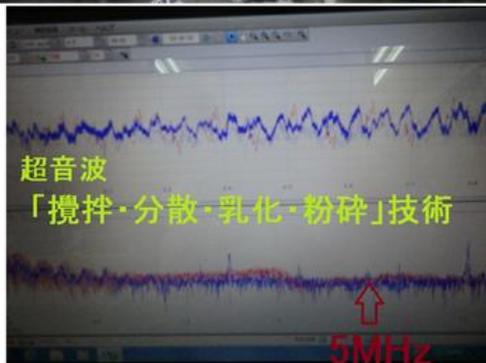
<http://ultrasonic-labo.com/?p=10908>

超音波発振による相互作用

<http://ultrasonic-labo.com/?p=17204>

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>



<< 超音波技術 >>

超音波と間接容器による、ナノレベルの攪拌技術を開発

<http://ultrasonic-labo.com/?p=15865>

超音波「攪拌・分散・乳化・粉碎」技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=5550>

超音波の洗浄・攪拌・加工に関する「論理モデル」

<http://ultrasonic-labo.com/?p=3963>

超音波を利用した、「ナノテクノロジー」の研究・開発装置

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2195>

ナノレベルの攪拌技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1066>

ナノレベルの超音波<乳化・分散>技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1620>

「超音波の非線形現象」を目的に合わせてコントロールする技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2843>

超音波キャビテーションの観察・制御技術

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

超音波の伝播現象における「音響流」を利用する技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1410>

2種類の異なる「超音波振動子」を同時に照射するシステム

<http://ultrasonic-labo.com/?p=2450>

超音波振動子の設置方法による、超音波制御技術

<http://ultrasonic-labo.com/?p=1487>

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>



以上