

# ディレー付水浸探触子キット 説明書

目次：

1. [組み立てをはじめる前に](#)
2. [仕様](#)
3. [部品一覧表](#)
4. [組み立て要領](#)

ご質問等に関して：

キットに関するご質問は電話及び FAX ではお受けしていません。

E m a i l : [isl@kcn.ne.jp](mailto:isl@kcn.ne.jp) にてお願いします。

質問には必ずキット名称を明記ください。

キットの動作保証に関して：

技術系の平均的大学の知識、技量がある方が、このマニュアルを注意深く読み、製作されれば、このキットは確実に動作します。

接着作業や模型等の製作の経験が一切無い方には多少の無理があります。有料ですが、指導など致します。上記にその旨 Email し、ご相談ください。ご心配な方はウェブ会議で指導も可能です。

随時仕様は偏向するので、ご購入後 1 年程度の間は、最新のキット説明書は弊社ウェブからダウンロードできます。

本キットは

- キット H 10MHz5D 1-3 Delay
- キット I 10MHz5D 0-3 Delay
- キット J 10MHz5D 0-3 AspDelay
- その他 \_\_\_\_\_

ケースは  IPS φ9.6 又は  IPS φ16

コネクタは  マイクロドット 又は  UHF

周波数は  10MHz、 15MHz、 20MHz 又は  \_\_\_\_\_ MHz

ディレーは  埋め込み型 又は  出っ張り型

ディレー曲率は  25R、 非球面、 平面 又は  \_\_\_\_\_

その他の場合の注意：

**注意：多量のご注文の場合は、電極材、接着材などセット分纏めてあります。サービスの平行バイスは顧客毎に 1 個です。**

## 1. 組み立てをはじめる前に

このたびは、弊社の探触子組み立てキットをお買い上げいただき、誠に有難うございました。

弊社では、探触子以外にも各種キットを計画しています。

例えばパルサーレーザーです。これらのキットを販売する目的は、顧客に超音波非破壊で重要な要素をより理解して頂き、より良い検査手法の開発研究をしていただきたいと思うからです。また、非破壊に関与し始めた、初心者の方には、探触子やパルサーレーザーを使うだけでなく、自ら改良したり、メーカーと対等に議論したり、指示したりする力を身に付けて頂きたいと思っています。

本説明書では、探触子キットH、I、Jに対する説明をします。これ以外のキットの場合は、それぞれの説明書を参照ください。説明の内容はキットHを中心にしてあります。他のキットの違いなどは、文章中に追記されています。キットの違いは

- 1) キットH 10MHz z1-3 振動子 振動子面が25R球面
- 2) キットI 10MHz z0-3 振動子 振動子面が25R球面
- 2) キットJ 10MHz z0-3 振動子 振動子面が非球面

梱包を開いたら、まず内容と員数をご確認ください。

組み立て方法が以下に記されています。組み立てをはじめる前に、一度、通読され、全体の作業の流れを理解してから、実際の組み立てに入ってください。

ご質問がありましたら、以下にEmailください。

isl@kcn.ne.jp

説明の中に参考として枠内にコラムを掲載しています。

組み立てに当たって、以下の工具等が必要です。前もって準備ください。

- 1) ヤスリ
- 2) ティッシュペーパー
- 3) 洗剤（エポキシが手に付いたら洗剤で落とせます。）
- 4) ハサミ、カッターナイフ
- 5) はんだ小手（30～100W程度のもの）と はんだ  
出来れば20Wと100Wの2個在るとベスト
- 6) ラジオペンチ
- 7) ピンセット
- 8) 探傷器と探傷ケーブル（UHF用）

弊社では格安の探傷ケーブルを販売しています。ウェブの価格を参照ください。

振動子は曲げると振動子の表面が割れ、電極の切断や、耐圧の低下が発生します。取り扱い時には、曲げない様細心の注意をしてください。

油脂やゴミが付いていると、接着は強度が落ちます。接着する面は、素手などでやたら触らないでください。触ってしまつて、指紋などが付いた場合は、極僅かなアルコールで湿らせた綿棒で、軽くふき取ってください。強く綿棒で拭くと、金電極が剥離する事があります。

ハンダ付けに使う半田は、無鉛無洗浄型ヤニ入りの0.8mmφ

程度の糸ハンダ（通常の弱電用糸ハンダ）が良いでしょう。フラックスを使う場合はその残留物が、導電性だったりします。注意が必要です。

接着作業は20～30℃の室内で行ってください。接着剤の特性は、硬化時の温度に敏感です。15℃以下だと強度が出ません。温度が高すぎると早く硬化して、接着材の層が厚くなります。また、接着材が硬化する間に温度の急変があると接着力が低下する事があります。周囲温度は10℃以内の変動がベターです。

[目次](#)

## 2. 仕様

探触子ケース： SUS  $\phi 16 \times 35$  mm (国際対応)

コネクター&蓋： SUS&BSにメッキ

振動子： 0-3 (1-3) コンポジット

振動子径： 5又は6.4 $\phi$

コネクター： マイクロドット又はUHF (M) 型

単体共振周波数： 10 $\pm$ 1MHz

振動子貼付面曲率： 25 mm (キットH、I)

又は非球面 (キットJ)

探触子の耐圧： 約300V (組み立て方で変わる)

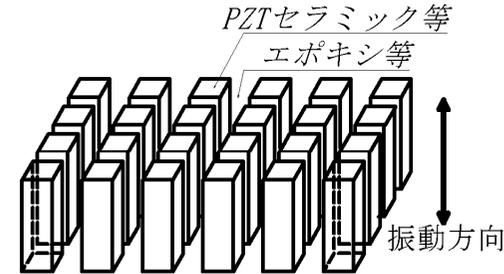
[目次](#)

### 3. 部品一覧表

以下の部品が同梱されています。

1-1	SUS水浸16φケース	x 1
1-2	ケース蓋 兼 コネクター	x 1
	コネクターは標準がUHFです。μドットも選べます。	
2-1	振動子&ディレー	x 1
	標準は埋め込み型です。直接接触用の場合、焦点位置を変える場合は出っ張り型	
	ディレーのNCデータはDL8D25R2T143.ncd	
2-2	ツイスト配線材	5cm程度
2-3	シリコン・ゴム	x 1
2-4	銀箔 (5ミクロン)	x 1
2-5	プリント板	x 1
2-6	爪楊枝	x 少々
2-7	ダンパ用粉	少々
3	木ヘラ	x 3
4	1~30分硬化型接着材	x 1セット
5	紙ヤスリ	x 1
6	平行バイス (サービス品)	x 1

[目次](#)



#### 1-3と0-3コンポジット振動子の構造

下図は1-3コンポジット振動子の代表的構造説明図です。

コンポジット振動子として

代表的なものです。

圧電現象を持つPZTセラミック振動子板を縦横に格子状にダイシング・ソーで切って左の様な角柱が林立したものを作り、その隙間にエポキシを流します。元々のPZTよりエポキシが充填された分音響インピーダンスが下がります。PZT 単体より、水浸用やディレー付斜角と音響的によりマッチングがあります。PZT の欠点でもある、図の横方向に強い振動（横振動）が、エポキシに阻まれ横振動が弱くなります。

1-3コンポジットは3-1コンポジットとも呼ばれます。1-3と呼ぶ場合は、PZT が1方向（上図でZ軸方向）に繋がっていて、エポキシが3方向（上図でXYZ軸）に繋がっているという意味です。セラミック屋は1-3と呼びたいのですが、プラスチック屋は3-1と呼びたがります。

一般に市販されているコンポジット探触子はこのタイプの振動子を用いています。

最近ダイシング・ソーで切る代わりにPZTのファイバーを束ねて同様の構造を作ったものも発売されてきています。低周波用に生

産性が良いようです。

この振動子の一つの欠点は曲げると、割れが発生しやすい事です。柱とエポキシの接着力が強くなく、また、曲げた時に表面の電極のエポキシの上の部分にのみ力がかかって、罅割れします。

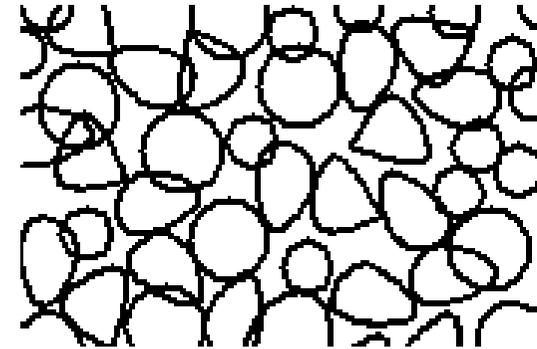
もともと PZT を使っているので、横振動も大きく、Pt 系の振動子の様に綺麗な破壊がなかなか得られません。

コンポジット系ではこの 1-3 型の他に、2-2 型が医療用アレイ振動子に使われています。格子状にダイシング・ソーで切断するのでは無く、単に一方向に短冊状に切って、作ります。これは通常平面振動子を目的にしています。

広帯域のフォーカス型探触子を振動子を曲げて作る場合に、一番適した振動子は、弊社独自の素材 0-3 型コンポジットです。

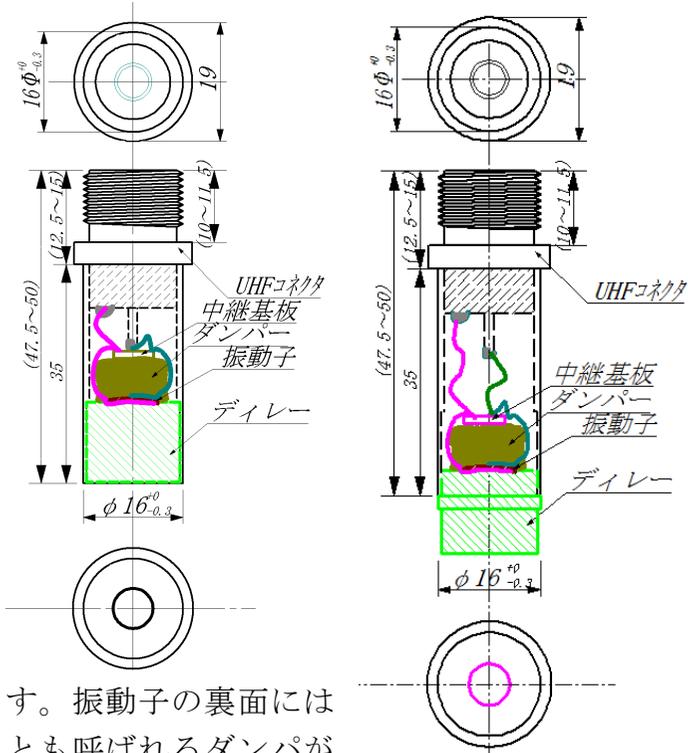
これは振動子粉末（主に Pt）をプラスチック又はゴムの中に分散させたものです。それぞれの振動子粉末粒子は隣りの粒子をは接続していないので 0、プラスチックは XYZ、3 軸方向に繋がっているのです 3、で 0-3 コンポジットと言います。

この振動子は、セラミック素材に Pt 系を使うので横振動の発生が非常に少なく、曲げにも強い、曲面を作るのに適した素材です。欠点は誘電率（電気インピーダンス）が低いので、低周波や小さな面積の振動子では、電気的なミス・マッチが発生して相対感度が低くなります。逆に大きな面積&曲面となると他の振動子より相対感度が高くなります。同じ 0-3 構造で PZT 紛をベースにすると、横振動は多いですが、誘電率は大きくできます。



0-3 コンポジットの構造

#### 4. 組み立て要領



す。振動子の裏面にはとも呼ばれるダンパがあります。ダンパの裏面には中継用の基板が接着されています。振動子の表側の電極は赤い線で示された経路で、UHF コネクタのGND側に接続されています。振動子の裏面側電極は、緑の線示される経路でUHF コネクタの信号線側端子に接続されています。

ディレーの前面を曲面とする事もできます。振動子面が平面、ディレー前面を曲面、或いは振動子面とディレー面を曲面とするなど色々な組み合わせで、色々なビーム形状とする事ができます。

左図が探触子の内部構造です。ディレーは2種あります。埋め込み型(左)と出っ張り型(右)ディレーの前面は平面で、その裏面の曲面に振動子が張り付いています。左図は出っ張るタイプでバックリング材配置されています。

以下製作手順を示します。

- ① ケースとディレー&UHF (又はマイクロドット) コネクタの嵌め合いの確認

探触子ケースにディレーを差込抵抗無く挿入されるかどうか確認します。硬ければ、紙ヤスリでダンパの周囲を削ります。ケースにバリが出ている場合があります。この場合はバリの部分のみヤスリします。



押し込んだ時にSUS ケースの内面の凸部に当たって止まります。この状態でケースから出っ張っていない事を確認ください。凹んでいる量は0.2mm~1.0mm程度が適量です。凹んでいる量が少ない場合は、定盤や平面ガラス板の上に紙やすりを載せ削ります。

また、ディレーの前面中央に加工跡がある場合これも綺麗に無く

##### 分極と色

通常振動子メーカーから出荷される振動子には分極の方向を示す印が付いています。一般には赤色の点や+の印は、分極の時に正電圧を加えた電極である事示します。

黒の点や-の印は、分極の時に負電圧を加えた電極である事示します。市販探傷器の送信パルスの極性は負ですので、+電極を探触子ケーブルのGND側と繋ぎ、-電極が信号側となります。耐外来ノイズ性を良くする為に探触子の外側に+電極側(=GND)を配置します。

表側から電極の印が見えると、顧客からクレームが付いたりするので、裏面の側に印をつけるメーカーもあります。外観上から極性の区別が付かないので、何れが良いのかメーカーの方針です。

なるまで、前面をヤスリます。

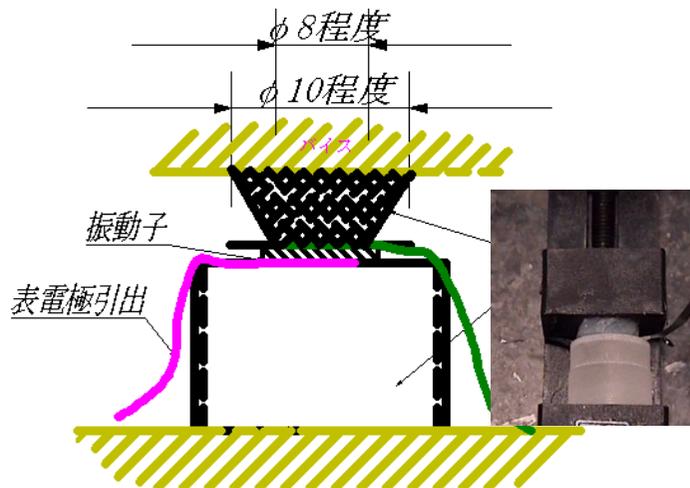
出っ張り型のディレーではディレーのストッパにケースが当たる状態まで緩く入れれば結構です。

ケースに UHF (又はマイクロドット) コネクタがシックリ入るかも確認ください。コネクタはきつ目に入るのがベストです。金属結合で電氣的にケースとコネクタが一体化するのが良好です。軽く入る場合は、コネクタの真鍮部分をタガネで叩いて、凸凹を付け、きつく入る様にします。UHF (又はマイクロドット) コネクタは米国製の水浸用探触子に多く使われています。日本では同等品としてM型コネクタを使う事もあります。規格は違いますが、接続できます。

## ②リード箔 (線) の切断

銀箔を1~2mm程の幅で2枚切ります。ダンパを迂回して、中継まで十分な長さとしましょう。下図の様振動子に接触する部分のみ細くすると、超音波的影響を最小にできます。影響は振動子の面積に対する、銀箔の面積です。銀箔で振動子から裏面の基板まで繋がります。

箔の厚さは5ミクロンです。振動子の電極は1ミクロン前後でこれに比べると厚いですが、振動子の厚さ10

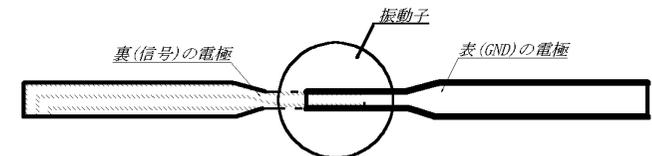


**ダンパの材質** 一般にダンパは音響インピーダンスの高い材料と低い材料を混ぜて作られます。音響インピーダンスの差で、大きな散乱が発生し、また音速の違いで音速の拡散が生じ、減衰が大きいからです。音響インピーダンスの高い材料には、タングステン粉、鉛粉、P Z T粉などが使われます。音響インピーダンスの低い材料はエポキシ、ウレタン、ゴムなどが使われます。両方の材料を体積比3:1程度で混ぜます。通常そのままでは少し湿った砂の様に、サラサラで固まりませんので、HIP等で圧力を加えて固めます。この様な材料は50kHz以上の高周波で、良い減衰材として働きます。

ダンパの音響インピーダンスは、振動子材質と同じにすると、非常に帯域の広い波形が得れますが、振動子の前面に出る超音波が少なくなって感度が下がります。前面に付ける保護膜やディレーとの兼ね合いで、特性は調整されます。

0ミクロンに比べると、音速差を考慮しても超音波的影響の無い十分薄い厚さです。

## 目次



## ③シリコン・ゴ

ムの加工 & ディレーの平面度

**ディレーの材質**

ディレーの材質としては一般に以下条件のものが最適です。

- ①接着材が良く付く
- ②水浸法では音響インピーダンスが水と振動子の間で、水に近い  
直接接触法では、音響インピーダンスが接触媒質に近い
- ③加工しやすい
- ④超音波の減衰が少ないか、適度
- ⑤透明度があって、接着状況の確認がしやすい。

この様な材質はプラスチックの中に色々ありますが、多くのメーカーが弊社と同じ超高密度ポリスチレンを用いています。

図を参考にシリコン・ゴムを円錐状に加工します。これは振動子を貼り付ける際に均等に圧力がかかる様にする為です。工業的にはシリコン型でダンパ面の形状をコピーしたものを使います。アマチア的には、この程度の曲率は以下のシリコン形状で対応できます。

ディレーの先端を平面度の高い板（常盤やガラス板）の上に置いて、平面度を確認ください。1 / 100 mm以下の平面度が必要です。光にかざして、隙間から光が漏れない事を確認しましょう。

④ディレーに表裏面引き出し銀箔と振動子を接着します。

この接着材を少量混ぜます。硬化時間が比較的早いので、要領良く作業しましょう。バイスに拠る止め作業後は完全に硬化するまで、一切触らないでください。途中で押さえ力を弱めると、接着されるもの同士の相対位置&距離がずれ接着性能がでません。

混ぜた接着剤をダンパの接着面に楊枝で少量塗ります。銀箔の両面にも極少量塗ります。目で接着剤が直接確認できなくても、銀箔表面の光方の違いで判断できます。振動子のディレーに張り付く側に極少量塗ります。楊枝で扱って極力接着剤を少なく極薄くします。この接着材の量は爪楊枝の先1 mm程度に僅かに付く程度で十分過ぎます。ほんの僅かです。

ディレーの上に表電極引出を置き、爪楊枝で扱って、電極引出の裏の気泡を押し出しておきます。振動子の貼り付け面にも極微量の接着剤を満遍なく塗ります。ディレー上に振動子を一方の端面から落とす様に置きます。気泡が入らない様にする為です。ゆっくり端部から落としていくと、接着剤の表面張力で泡は入りません。この上に接着剤を片面に塗った裏面電極引出を置き、シリコ

#### 振動子感度と探触子感度

振動子の感度が高いもの（通常 Kt 値）を使ったら、必ず探触子の感度が高くなるものではありません。探傷では、振動子を電気で励振し、超音波が発生し、その超音波が材料等を伝播し、戻って来た音波が電気信号に変換されます。振動子の電気インピーダンスと探傷器電気インピーダンスの整合や、振動子から材料への超音波の透過効率が、影響します。電気機械変換効率の差は僅か数倍ですが、他の要素は数十倍である事もざらです。

1 - 3 コンポジット≡高感度 は必ずしも成り立ちません。

一般には1 - 3 コンポジットは5 ~ 10 MHz で小面積で感度上のメリットが出ます。1 MHz 以下ではセラミックの方が断然有利です。10 MHz で30 x 30 mmと言った大面積は、ポリマーや0 - 3 コンポジットが有利です。弊社のウェブから**メリット計算**(未完成)のフリーソフトがダウンロードできます。

ン・ゴムを置きます。全体を平行バイスで抑えます。

注意：振動子の表側になる側には**小さな赤点**（又は黒や+印）があります。くれぐれも方向を間違わない様に！貼り終わった後に、ディレーの前面を通して、振動子面に印が見えればOK。

なお、一回に混ぜる接着材の量は僅かです。ポリカップで接着剤を混ぜる時は、**ポリカップ**の深さが深く作業しにくいです。適当な高さにハサミで切断して、**深めの皿**の様にしましょう。

**接着剤の浸透性** 接着剤をコネクタとケース間に塗布すると、表面張力（分子間力）に依って、隙間に浸透していきます。隙間が狭ければ狭いほど、浸透力は強いです。表面が汚れていると、浸透しにくく成る事が多いです。振動子の面に接着剤を塗った時に跳ねる場合は汚れている事が多いです。その場合は、少ないベンジンなどを含ませた麵棒で軽く拭いてください。強く拭いたり、シンナーなど強い溶媒では、電極が剥離します。ハンダ付け後には、ハンダ・フラックスなどで表面が汚れています。この場合もベンジンやシンナー等の溶媒で洗浄しておきましょう。歯磨粉で

磨くのも良い方法です。**濡れ性が悪い面**は接着し難いのだと覚えておいてください。また、艶々した面も接着が難しいです。

#### ⑤待ちます

バイスで押した後、位置がずれる場合は、直ぐに、やり直しましょう。1時間接着剤では常温で5分程度以内ならもう一度作業はやり直せます。夏場などでは混ぜて1分程度経つと、作業のやり直しはできません。

位置ずれが無ければ、余裕を見て**3時間**待ちます。

ただし以下に注意ください。

- 1) 20度C以下では接着力が無くなります。
- 2) 45度C以上では急に（発熱を伴って）硬化することがあります。

#### 接着剤の厚さと波形への影響

ディレー接着材の音響インピーダンスは比較的近いです。その為、接着材が厚くても、振動子から出る音の波形は変化しません。ディレー付き探触子は比較的作りやすい探触子です。が、その厚さが不均一だと、振動子の曲面形状が設計と異なってしまいます。成るべく薄い層とすべきでしょう。

#### 接着剤の必要量

振動子とディレーを接着する場合どの程度の接着剤が必要なのでしょうか？接着剤の厚さは薄すぎると接着力が落ちてしまいます。また、表面粗さ以下の厚さでは当然まともな接着はされません。

最適な接着層の厚さは、探触子に依りますが、ミクロンのオー

ダー以下の厚さです。仮に1ミクロンとすると、本キットの場合必要接着剤の量は

$$1 \text{ ミクロン} \times 0.3 \text{ cm}^2 = 0.0003 \text{ cc}$$

接着剤の比重は1に近いので、0.3mg程度の量で良いわけです。

これは爪楊枝の先に付いた**一滴**約10mgの1/30です。

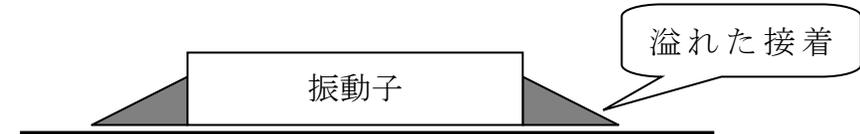
一方本キットでは接着時に接着層に入った気泡を押し出す機能が必要です。多少大目に接着剤が必要です。はじめは多めで泡を追い出し、その後押して接着層を薄くします。

振動子を押して、溢れ出した接着剤が振動子の周りに0.2mm程度の三角形状と成った場合

$$0.02 \times 0.02 / 2 \times 2 = 0.0004 \text{ cc}$$

と爪楊枝1/20滴分の接着剤が必要となります。

爪楊枝**1滴では多すぎ、1/10程度で十分**という事に成ります。



通常振動子表面は銀または金の電極が付いています。何れの場合も原則接着剤では、付き難い材料です。（濡れ性が悪い）振動子の表面にはミクロの凸凹があって、ここに接着剤が染み込んで、絡み合って接着されます。これを**アンカー効果**と言います。接着の為に、光った電極より、ザラついた、黒ずんだ電極の方が接着力は増します。基本的に光った銀、金、銅とエポキシ間は殆ど接着力がありません。昔の飴は金紙に包まれていましたが、飴の接着力がないからです。

曲げ応力がかかる様なきつい曲面の接着の場合は、接着強度を上げる為に、Cr 又は NiCr の薄い層を電極の上に付けてから接着し



ます。相手のダンパーにも予め Cr をスパッタリングするか、逆スパッタリングや黒化処理して、表面を荒らして接着しやすくしてから、接着すると接着強度が増します。

或いは、**新品**の紙ヤスリ(1000番以上)で表面を荒らす。一番簡便簡単で効果のある良い方法です。

#### 振動子の曲面：

セラミック振動子は、ほとんどの場合曲げる事ができないので、フォーカス探触子を作る時は、目的の形に焼いたり、旋盤加工したりします。

**1-3 コンポジット**振動子は円柱面に容易に曲がります。また、緩い曲面であれば、球面状に曲がります。しかし、曲げ応力の為、電極や柱と接着剤の間割れたりします。水浸法の場合は寿命が極端に短くなったりします。1-3は原則あまり曲げない探触子に使います。

**ポリマー**は比較的良く曲がりますが、低周波用の振動子の厚いものは曲げにくいです。曲率の小さなものはキャスト法で製造は可能ですが、コスト高です。

キットの**0-3 コンポジット**が一番曲げやすい材料です。割れが発生するほどきつい曲面では、温めで溶かしてその形にできます。

こう言った曲げやすさと、音響、電気的性質を考慮して、目的の探触子用の振動子が選定されます。

接着剤を混ぜますが、この接着剤に気泡が入っているとディレーと振動子の間の接着に際し、部分剥離となります。

まず、混ぜます。薄く破裂し  
見えな



た接着剤を成るべく、薄く延ばし  
すると、厚さ以上の大きな気泡は  
す。残っているのは小さな殆ど目  
い気泡だけとなります。

#### ⑥ダンパー付加

時間が経ったら、バイスを緩め、外します。

シリコン・ゴムが着いている様でしたら、端からゆっくりこじ開けます。ディレーの表面を下にして、引き出し電極を切らない様注意して、置きます。

#### 接着剤とその混ぜ方

このキットでは、比較的短時間で固まる接着剤を用いています。探触子メーカーは24時間硬化型か、加熱硬化型を用います。何れも気泡が入っていると性能が落ちます。真空中で混ぜると気泡が入りません。取り分けから真空中で行います。良好な接着ができます。また、自公転遠心力を用いた、空気中でもあまり気泡の入らない拡販装置が市販されています。大気圧中で混ぜますが、遠心力を高くする事によって、気泡が抜ける様に考えられています。

拭き漆：銀閣寺など日本の古い建物は漆が塗ってあります。漆(ラッカー・ジャパン)をなめして作られたのが、ウレタンです。工業樹脂に比べアルカリにも強い材料です。漆を塗る時、薄くします。泡を取る意味もありますが、相手の材料の細かな凸凹に染み込ませる為です。探触子などを貼る際に、接着材を湿らせた綿棒で接着面を拭き、その後正式に接着すると、強い接着になります。接触媒質を塗る時も、一度ヘラなどで極薄く塗って、その後もう一度接触媒質を付けると感度が上がる事が有ります。目に見えない細かな隙間に入り込むためです。

振動子の裏面にダンパーをつけますが、ケースの空きスペースなど良く確認して、大きさを決めます。径は当然ケースの内径より小さく、高さはUHF(又はマイクロドット)コネクタに当たらない様な高さです。

相当量に成るよう、接着材とセラミック粉とを1:3の重量比、出来れば1:5の重量比で混ぜます。(比重は7倍程度ですが、

見た目の容積で1：1程度)混ぜたら少量振動子全面に塗ります。必要高さまで、盛り上げます。なお、粘度が低く、垂れる場合は、低めに盛り上げ、少し硬化したら、さらに盛り上げます。完全に固まる前に、裏面に中継プリント板を貼り付けます。(完全に固まってから、再度プリント板を貼り付けても良い。)ダンパの外見は綺麗に仕上げると、その面から反射してくる事が多いので、素人のテクニックとしては凸凹にします。工業的には型で形状を作ったり、一定角度の斜面などにします。

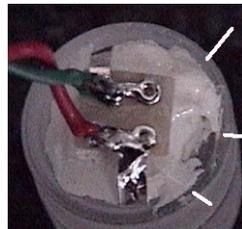
### ⑦中継プリント板とリード線の接続

接着した中継プリント板に振動子からの2枚の引き出し電極線それぞれのターミナルにハンダ付けで繋がります。なお、長い時間ハンダ付けすると銀線が溶けます。半田は錫が主体の合金ですが、あらゆる金属を溶かして、アマルガムになります。短時間で半田づけするのがコツです。

後の作業で間違っ、引き出し電極線を切断しないよう、引き出し電極線の周をエポキシ

接着剤でカバーし、固めておいた方がよいでしょう。(ケース内径より大きくなるように)

カラーのリード線をハンダ付けします。通常は赤表側の電極 (GND 側)、青系の色の線を振動子の裏の電極 (信号側) に繋がります。



系の線を振動子の



接着材が十分固まるまで待ちます。

ディレー裏側の周囲はケースとの内側でコーナーに当たります。余分にはみ出した部分はナイフなどでカットしましょう。

### ⑧仮試験

この段階で、**仮の試験**をすることをお勧めします。通常の探傷器の探触子接続端に適切なアダプター (LEMO-ワニクリップなど) で接続します。ディレー内の多重エコー (11 μ秒程度の間隔) が観測される筈です。



### ⑨ケースへの組み込み。

接着剤を、ケース内に塗ります。ディレーの周囲にも塗ります。差

シールド・レイヤ： 斜角の探触子はケースの下面が比較的広いディレーと成っており、ここが電氣的にシールドされていないので、電気ノイズが比較的入り易いです。自動探傷用の場合、この電気ノイズが問題になる場合があります。本キットの様に感度の高い素子を使う等、超音波の感度を上げると外来電気ノイズを無視できます。それでもノイズ入ってしまう場合は、ディレー全体を金属の薄い層で覆いシールドとする方法が取られます。ディレーにサブミクロンのNiCrと金をスパッタリングします。低周波探触子であれば、導電性のプラスチックを使う事もできます。

し込んで、ケース前面とでディレー先端を一致させます。硬化するのを待ちます。

#### ⑩コネクタのハンダ付け

十分固まったら、UHFコネクタ（又はマイクロドット・コネクタ：同じ要領です）にリード線をハンダ付けします。GND側の赤系の線の半田付けの際、ハンダ小手が小さいと、熱が奪われて、半田が良く付きません。小



手は100W以上を使った方が良いでしょう。また、右上写真の様に、予備ハンダをしておくとう着きやすいです。温度コントロール出来る場合は、面積の大きな部分へのハンダ付けを温度を上げてしましましょう。なお、線の長さは短い方が良いでしょう。が、次の作業がし易い範囲で。また、線はツイストした方が特性安定します。



ケースの中に接着材を流し込みます。UHFコネクタ又はマイクロドット・コネクタの蓋を閉める時に少し溢れる程度が適当です。コネクタの真鍮部分にも接着材を塗って、差込みます。溢れ出た接着剤は、ティッシュでふき取ります。コネクタを差し込む時に、簡単に入る様だと余り良い状態ではありません。水浸で使っているうちに、コネクタとケース間の接着材が膨潤し、電気的接続を切ってしまいます。この場合電気ノイズが多い探触子になります。コネクタが軽く入り過ぎる場合は、ケースの淵をニッパーで傷つけ、少し変形させて挿入してください。或いは隙間に銅箔をスペーサーとして差込んで、硬く成るようにしてください。なお、ケースの中に接着剤を一杯に詰めないでください。熱膨張係

数の違いなどで、熱サイクルに弱くなります。

硬化を待って、完成！！おめでとうございます。



#### その他の情報：

##### 毛細管現象と浮かす力

電極などの接着の際に、接着剤の量が多いと、毛細管現象によって、接着剤がの接着されるものの中にどんどん入って、浮かす力が発生する。これを避ける為に、適度の圧力で抑える必要がる。

##### プロの接着方法

このキットでは、一般に試作や数量が少ない場合に使われている、接着剤を塗布する方法がとられています。量産探触子の場合は、性能安定性を考え、色々な方法が取られています。主に米国では、真空インジェクション法が用いられています。真空中での作業なので、泡の入る可能性がほぼ零で、安定した接着状況と成ります。一回のインジェクションで探触子を完成させてしまう方法もあります。この場合は1日で探触子が完成し、大幅なコスト削減になります。

接着剤にはエポキシが多用されますが、接着面の片側に主材、反対面に硬化剤をシルク印刷、スプレー等で一定厚さに塗布し、そのまま押し付ける事で、一定の接着層を作る方法もあります。接着剤を混ぜる必要なく、簡便で安定した接着層厚と作業時間を確

保できる方法です。 弊社の一部製品にもこれらの技術が使われています。

### 超音波的に理想状態の接着層の厚さ と 押し圧

接着剤の厚さが有限だと、そこで超音波が跳ね返ってしまう。1ミクロン程度の厚さでも、かなり、超音波が反射する。一方材料の面は凸凹しており、両面の凸同士が接触している、超音波は良く通る。従って、接着層の厚さは接触面の凸同士が接触し、凹に接着剤が埋まる状態が理想と言える。これは、接着剤を表面に濡らし、拭き取った状態程度での接着である。極微量の接着剤の量である。この厚さのコントロールができる場合は、接着に際し、前述の毛細管現象の浮かす力以上の力を加えれば良い。

しかし、接着剤の量がコントロール出来ない場合は、余分に塗って、不要な接着剤を押し出す事になる。この場合は数  $\text{k g / cm}^2$  の押し力が必要と成る。

セラミック振動子などでは、有限の平面度の為に、接触面同士の隙間が数十ミクロンある事も多く、接触面同士がピッタリ接触する事は無い。これを無理やり、硬い振動子等を曲げて全面接触させる必要が出来る。この場合は数百  $\text{k g / cm}^2$  の押し力が必要と成る。この力は振動子に罅を入れるに近い。

1-3 コンポジット、0-3 コンポジット、ポリマーなどの振動子は曲面になじむので、それほど力を必要としない。

[目次](#)

## 特注ディレー加工に関して、

キットに付属のディレーの面形状はR 25 です。

これ以外の曲面の製作も行っています。

方法は2つです。

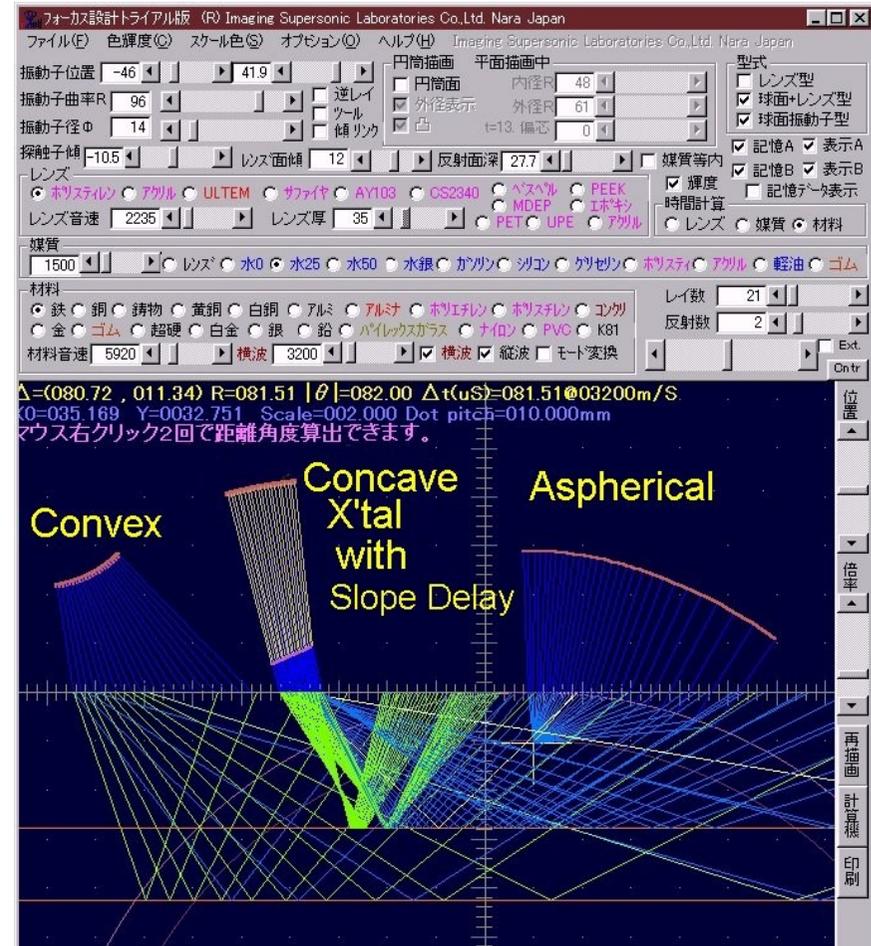
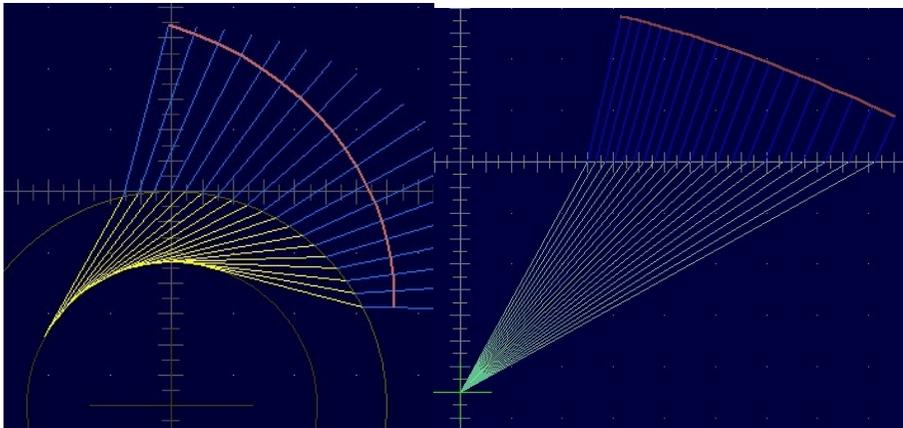
- 1) 仕様を指定され、弊社が形状設計する。少し高価  
沢山のデータをインプットしなければいけないので時間  
と費用がかかります。
- 2) 弊社ウェブの《フォーカスの設計》のソフトで設計し、  
形状ファイルを弊社に送って、加工する。安価。  
ファイル・データを元にNCが曲面を自動加工します。

価格は形状によりますが、1万円～3万円です。

以下は例です。

パイプへの等角入射面

斜角一点フォーカス



## 接触媒質に関して

### 取扱接触媒質

弊社取扱接触媒質は、世界から選りすぐりのものを選定し、高性能で且つ低価格です。

常温ゲル状 ULTRAGEL II -23~121℃ 40kcps

温度範囲が Stresstel 社標準探触子と同じ。流れないので、長時間の実験に有効。

航空機会社指定 SoundSafe -18~127℃ 80kcps ULTRAGELII と似た性質。

ULTRAGEL II 又は SoundSafe が飛行機検査の指定接触媒質に成っている事が多いです。

コンクリート用 HIGH Z HV -18~93℃ Z=4MRayls

コンクリート用 HIGH Z LV ポリステレン・デイルー用、鑄物用 (-15~90℃)

温度範囲広いゲル状 PYROGEL -45~427℃ Pyrogel25(150kcps)、Pyrogel60(550kcps)、Pyrogel100(4Mcps)

高温用 SONO600 -18~315℃ 2500cps(常温) 温度範囲広い ゲル状もあり SONO600GEL

超高温用 SONO900 315~482℃ 4Mcps(常温)

超高温用 SONO950 310~510℃ 3Mcps(常温)

超高温用 SONO1100 370~593℃ 3Mcps(常温)

高温用 Thermosonic 粘度 500~140kcps 硬さ 3 グレード、-18~163℃ Gel3000 の紫外線発光しないもの。

紫外線発光 Gel3000 粘度 500~6kcps 4グレード、-18~163℃ 安全性が高く、洗浄後の残留が紫外線で確認できる スペースシャトルなどに使われている。

高温用 HITEMPCO 0~290℃ 温度範囲が Stresstel 社高温用探触

子と同じ且つ安価です。

横波用 ShearGel 高粘性横波伝播専用 粘度 4Mcps 以上、4~32℃

材料表面に泡が付きにくくしたり、水ジェットの飛散性能を上げる添加物なども扱っています。ECHOWET、SONOFLOW 等

ドライ・カップリング用のゴムも 2 品種用意しています。高周波 10MHz までに適した NB 系と低周波用のゴム質の SN 系です。NB 系はキャップ形状で市販探触子の先端に被せて使います。SN 系は 0.3mm~2mm の 2 種の硬度のシート状で供給しています。

上記の使用温度範囲は肉厚計を前提としています。探傷の場合はより狭くなります。

### 実験研究に最適な接触媒質 ULTRAGEL II

世界で一番使われている水ベースの接触媒質で20年以上の歴史があります。

人体への影響は皆無で、広範囲な実験研究に最適です。

- \* オイル又は汚れた面への濡れ性が良好です。
- \* 水で容易に洗えます。実際の検査業務での後清掃が容易。
- \* 高周波域での超音波の減衰が少ない。
- \* 粘性が低いので接触媒質による超音波波形への影響微々。
- \* 非常にゆっくり乾く為、長時間探触子のカップリング状態を維持できます。

- \* 広い温度範囲で使用できます。(沸点100℃)
- \* 多硬質の材料にも染み込み難いです。
- \* 金属材料に対して、腐食性はありません。航空機用アルミ材にも安心して使えます。

- \* コンポジット材に対して、密着、癒着する事はありません。
- \* シリコン系、油性の材料は含みません。
- \* 塩素、フッ素、硫黄の含有量試験を全数しています。
- \* 引火性、刺激性は無く、非常に安全です。

## コンクリート用接触媒質

一般にコンクリート構造物は表面平面度が悪い為、接触媒質の音響インピーダンスによって、感度とSNが大幅に変化します。HIGHZ などのインピーダンスの高い接触媒質を用いると、音響結合が良好な為、感度他社製品より数dB 良くなります。(市販接触媒質でHIGHZ が音響インピーダンスが一番高いです。2003/7 弊社調べ)HIGH-Zは洗浄も楽な接触媒質です。特に劣化したコンクリートと音響インピーダンスが近い為に、HIGHZ は悪いコンクリート程有効です。セメント部分が無くなって、石がゴツゴツ出っ張ったコンクリートには HIGHZ が最適です。この様なコンクリートは、表面がポーラスで接触媒質を吸います。その為に接触媒質の使用コスト/量は無視できません。HIGHZ はこの浸透力が少なく、他社製品に比べ使用量が1/3程度ですむ場合もあります。

定点測定の場合は HIGH Z HV を、走査する応用(例えば開口合成する場合)HIGH Z LV を使用します。

また、走査する場合も15℃を境に冬場は HIGHZ LV、夏場は HIGHZ HV と使い分けます。夏場はコンクリートの温度が日射などで上がる為、HIGHZ LV では走査しにくくなります。冬場は HIGHZ HV では硬すぎて、走査困難です。走査する際に柔らかすぎると探触子の寿命が短くなります。

コンクリートは多穴質の為接触媒質が浸透し、問題を起こします。染み込んだ接触媒質が冬場などに凍って割れを発生します。従来のコンクリート専用接触媒質ではこの問題が多く指摘されています。また、同じところを長期に渡って何度も検査する場合は、コンクリート表面付近の性質が変わってしまいます。材料の経時変化を追跡できなくなります。コンクリート表面に

マイクロクラックが発生している場合は、染み込んだ接触媒質がクラックを急速に拡大させます。

弊社取り扱いの HIGH Z は水にて容易に洗浄できますので、使用后直に水洗いすれば、上記の問題は非常に少なくなります。

何度も同じ箇所を試験する場合に、更により良い方法は、以下です。

- 1) まず、ULTRAGELII など浸透性の少ない接触媒質をヘラで極薄く塗ります。ULTRAGELII はゲル状で多穴質面に殆ど浸透しません。また、多穴質の材料の超音波試験に多くの実績があって、材料にクラックなど起こさず安全です。
- 2) この上から HIGHZ をコンクリートと探触子の隙間が埋まる様に厚めに塗り、超音波が良く通る様に、探触子を押し付けます。
- 3) 検査後は、当然検査後は速やかに温水などで清掃してください。ULTRAGELII がコンクリート表層にあるので、HIGHZ を容易に清掃できます。

簡易法として HIGH Z と ULTRAGELII を予め混ぜたものを使う方法もあります。

また、長期の基準試験片として使う場合のコンクリートは、水中養生をすることが必要です。また、できれば、表面に薄いエポキシ層を設けるなど、表面処理も必要です。

## クサビ&ディレー (ポリスチレン、PEEK 等) 用接触媒質

ディレー付探触子(斜角も含む、特に精密肉厚計用ディレー付)を使用する際に、ディレーと被検査材間に隙間があると、そこに接触媒質の厚い層が出来ます。この部分での多重エコーによって計測に悪影響が出ます。探傷に於ては、欠陥の大きさの判断ミス、肉厚計では測定誤差、場合によっては測定できなくなります。また、クサビ交換型の探触子で、クサビと探触子間も同様です。これを避ける為に、この HIGH Z、SLC70 などの接触媒質を使います。この接触媒質は、音響インピーダンスがポリスチレンに近いので、上記の問題を回避できます。ディレー材料が、アクリルや ULTEM 等の場合にも有効です。HIGH Z を適度に水と混合して、音響インピーダンス 4~2 の間に調整できます。なお、斜角探触子の場合には粘性が高い為に高速な走査は困難です。

材料	HIGHZ+水	ポリステレン	ULTEM	アクリル	PEEK	HIGHZ のみ
音響インピーダンス	2	2.4	3	3.2	3.4	3.9

なお、SLC70はポリステレン・ディレー付き肉厚計探触子の為に開発した GEIT 製専用品です。

### 高温用探触子の使用方法

高温用探触子は短時間の測定の場合、高温の表面での測定を可能とします。なお、Stress 社製標準探触子は 150℃までは問題無く使えます。また、短時間であれば、顧客のリスクで 150℃を超えても使えます。高温用探触子はその使い方を間違えると破損します。以下の要領に従って使用ください。

- 1) 探触子と接触媒質は対象物の温度にあったものを選択します。
- 2) 接触媒質を探触子全面に付けます。
- 3) 被検査材に探触子を当て、測定します。
- 4) 被検査材表面温度が 350℃以上の場合 **5秒**以上は被検査材に接触しないでください。温度が低ければ、低い程、長い時間接触できますが、最大 10秒を目処にしてください。
- 5) 探触子を被検査材から離し、大気中で冷やします。この際、水などで急冷却すると、強い探触子内部応力が発生し、故障の原因になります。
- 6) 探触子が肌で触れる温度に成ったら、次の測定をします。大気中での冷却は時間がかかります。探触子を数個準備し、取替作業が効率的です。

Stress 社製の場合、1/4"5MHz 高温検査用 SE 探触子 (350℃まで

短時間使用可能, ID20008 063-200-022) が最適です。なお、高温用接触媒質としてシリコン・オイル (通常 200℃程度まで使用可) の他前記の高温用接触媒質が使用できます。なお、SON0900, SONOI110 や ZGM は一定の温度範囲でしか使えません。常温で固体が高温では液体である事を利用して使っています。接触媒質の温度が範囲内に入らないと使用できません。温度がハッキリしないものを対象とする場合は各種接触媒質を取り替えて試す必要があります。しかし、これらは濡れ性が非常に良く、温度が適当であれば安定した音響結合 (肉厚計測) が期待できます。温度がハッキリしない場合には、使用温度範囲の広く、使い易い新型の PYROGEL25, 60, 100 を使う事をお勧めします。

### 横波伝播に使う接触媒質

液体は縦波を伝えますが、横波は伝えないと一般的に言われます。粘性が高い液体では横波を伝える事ができます。薄くなると粘性が増す材料もあります。専用に作られたものとしては ShearGel1 (4Mcps 以上) がありますが、PyroGel100 (4Mcps 以上)、HIGHZ HV (500kcps) も有効です。

### 洗浄確認用接触媒質

検査の後に接触媒質が完全にふき取られていない場合に問題を起こす事があります。Gel13000 は NASA のスペースシャトルの検査に使われている、紫外線で発光する接触媒質で、洗浄後の残留状態を確認できます。