



文書番号 RILSRT004

＊ ＊ 多重共鳴管式スピーカーシステムの開発試作 ＊ ＊

2011 2月

大沢博多

はじめに

多重共鳴管式スピーカー（仮名）は、スピーカー再生技術研究会鈴木会長の提唱される多自由度型バスレフスピーカー **MCAP-CR** にヒントを得て、その副空気室と大気側共鳴ポート部分を共鳴管で実現できないかの考えで作成したものです。主な目的は、エンクロージャーの工夫により小口径フルレンジユニット一発で、複数の共鳴管を駆動してその共鳴周波数を組み合わせることにより、**MCAP-CR** と同様に、大口径ユニット、大型システムにも劣らない十分な低音再生を目指すことにあります。

私は **MCAP-CR** をよく理解していないばかりか現代の自作スピーカーの潮流も知らない人間ですが、鈴木会長をはじめ、研究会の皆さんに大変お世話になり、また「集まれ！塩ビ管スピーカー」の **Web** サイトに投稿されている皆さんの作品情報から多くを教わりまして試作品の完成に至りましたことお礼を申し上げます。

このレポートは、会長からレポート作成の要請をいただき書きました。出来上がったものの説明だけでなく、ゼロから出発してなぜこうなったか経緯が分かるように、失敗もくどくど書いてあります。理由は、私は初心者ですし無責任な知ったかぶりが嫌いだからです。初めて未経験なことに挑戦するときの参考になればと思います。きっと間違いもありますがご容赦ください。

## 1. プロローグ

去年の3月ごろだったか **Web** で久しぶりにオーディオ関連のページを見ているうちに大山美樹音さんのバックロードホーンのキットを見つけて購入、製作しました。スピーカーの自作は高校生から20代前半くらいにかけて数台作って以来オーディオ趣味は断たれていたもので、大変懐かしく、また時代の進歩に驚くことでした。

**BH** キットの **HP** リンクから鈴木会長のサイトに行き当たり、**MCAP-CR** の発想と構造に驚き、市販のラック用マルチボックスを利用してパクリを作りました。完成したものは確かに従来のバスレフとはまったく世界を異にする驚くべきものでした。これはなんと研究会最初のオフ会で発表する羽目になりました。

共鳴管というエンクロージャー形式があることは知ってはいましたが意識して聴いた

ことなどなく、ましてや作ったこともありませんでした。しかし昔時々読んでいた FM-fan の連載で故長岡鉄夫さんの製作記事に、天井ぎりぎりの煙突みたいな長箱で超低音域を再生し、家中ビリビリ振動させるみたいな話を本屋で立ち読みして、これすげーと思った記憶が印象深くありました。最近になって買った故氏著書にそれらしい物を見つけて、タイムスリップと同時に何か因縁のようなものを感じました。あのときなんとなく、こういうものをいつか作ることになるだろうと予感したのでしょうか。

## 2. リハーサル

共鳴管スピーカーの設計方法を故長岡氏著書記事に読むにつれ、MCAP-CR の複数の副空気室を木箱の共鳴パイプで作るのは私には到底不可能なので、初めて塩ビ管の組み立て式をとることにしました。これなら設計変更も後から対応できるし、実験も手軽にできそう。でも、そもそもうまくいくのかわからない。セイメージだけはどんどん膨らんでゆく。しかし通いなれたホームセンターの塩ビ管コーナーの前に立つとそれは極めて安直な考えに思えてきた。これは暗黙の、塩ビ管材料の自重と接合部強度の方程式みたいなものが必ずある。いきなりこんなものを買って組もうとしても、材料の性格を知らずにやったら絶対に失敗する。

それでまずリハーサルをすることにしました。具体的設計はそれからにするべきだ。誰もやってないことを成功させるには、失敗するとしたら自分のどういう問題が原因になるか予測して解決しておくのが先です。

事前にやるべきこととして、

- 1 塩ビ管材料の加工方法、組み立ての要領、カンをつかむ
- 2 共鳴管 SP とはどのようなものか実感として知る

まずは①から。ユニットの取り付け方はアカデミー湯島オフ会で見えた先輩諸氏作品や「集まれ！」サイト作品の知識もありましたがとにかくやってみます。紙パイプも材料として優秀であること、塩ビ管とのハイブリッドも可能であることを教わったので、手持ちの紙パイプ（\*1）も利用します。

最初は1本パイプで密閉、穴あけてバスレフから始めます。

（\*1）私はスポーツカイトの趣味がありまして自作もやります。カーボンロッドやセール生地を海外、国内通販で買うのでパッケージの紙パイプがたくさんありました。

また、ホームセンターの切り売りの敷物、シート売り場でロール芯廃材をいっぱいもらってきました。

### 3. はじめの一步

ユニットの取り付けがともかく問題になりそうだったのでまずエルボで練習です



思ったよりすぐできたのであつという間に箱になり、すぐ音だしできました  
ユニットはオフ会で会長からいただいた **080b** からはずしてしまいましたゴメンナサイ



簡単な割には良く鳴りました



2本でダブルバスレフとしました これ実によく鳴り、しばらくこれで聞きこんでしまいました これなかなかシャープなきれの良い感じで、低音の量感もある。

このころ研究会のメールに **MCAP** 式複数の共鳴管の思い付きをちょい書きしたところ、なんとそれを真に受けた会長は多自由度バスレフ **HP** の日記に

「ところで、先日のスピーカー再生技術研究会オフ会で発表頂いた **O** さんが、**MCAP-CR** を共鳴管に応用することを考案された。これは、自分には無かった素晴らしい発想である。（中略） **O** さんの今後の研究に期待したい。」

などと書かれてしまった。

これはエライことになってしまった。考案とか発想、ましてや研究だなんて・・・軽くいたずらして遊ぼうと思っただけに・・・

こんなに話が大きくなっては途中で飽きて放り出すわけにも行かない

（私は気が変わりやすく飽きっぽいのです）

これで何らかの形に最低限でもたどり着き、まとめないわけには行かなくなりました。

実はこの初めて作った紙パイプダブルバスレフ、計画変更してこのまま仕上げをし、完成したくなった。でもオフ会で会長からいただいた **080b** からブんどった **TB** ユニットで、こんなもんをでっち上げて塩ビ管のサイトに投稿し、事を終了などしたら鈴木会長は激怒すること必至であります



(臓器提供後の 080b)

これはまた別の機会にすることにして写真を撮り解体。

塩ビパイプ 75Φ、50ΦVU 管やエルボジョイント、終端キャップを実験用に数本買ってきました。

共鳴管の基礎実験。ポンポンと片側を手でふさぐようにたたくとボオンと長さが 4 分の一波長の主共鳴音が聞こえる。パンと叩いて放すとパアンと 1 オクターブ上、長さ半分の波長音が聞けます。なるほど。

思ったより塩ビパイプはハーモニクス残響の強い音です。これを取り除くのに苦労するかもしれない（そのとおりになりました）。

共鳴管の実験を始めます。





VU 管、紙管で長さ、太さをいろいろ試します。

なんとなく共鳴管らしき物の感覚がつかめそうな気がしてくる。

でもカァカァした変な倍音みたいなノイズが大きいし、中音域下のほうに大きなピークらしいいやな音も出たりする。こんなのは音楽鑑賞する価値は無い。

でもパイプの防振補強や切り方、つなぎ方、取り回しの練習と思って黙々とやります  
 どういうときにいやな音が出るか知ること重要です。

この辺で次のようなことが分かってきました。

- 1 VU 管は肉厚が薄く自身が振動しエネルギーロスとなるので防振が必要
- 2 VU 管はカァカァキンキンしたパイプ鳴りが発生しやすい。紙パイプはそうでもない
- 3 VU 管はジョイントに思い切り押し込むと防振に良いが抜けなくなる
- 4 パイプの防振補強は割り箸の突っ張り棒が簡単で効果大
- 5 隙間風防止のスポンジテープ、ブチルゴムテープを内部に貼ると防振に効く
- 6 エルボジョイントで 90 度ターンするとエネルギーロス発生し鳴りが弱まるがカァカァ音は減る。まっすぐ一本より数回の折り曲げはあったほうが良い
- 7 かと言ってやたらに折り曲げると主共鳴音が弱くなる
- 8 3 インチユニットに 75Φ 菅は太すぎる。50、40、30Φ の方が良く鳴る（ユニットの有効振動面積を大きく超えてはだめらしい）
- 9 エルボによりターンすると共鳴周波数の点で見かけより少し短い気がする
- 10 パイプ出口からは共鳴した低音だけでなくユニット背面の音が思ったよりじゃん  
 じゃん出る

結局長岡バイブルや「集まれ！塩ビ管」サイトに書かれていることを実感、再確認することになりました。

MCAP-CR の基本は多重バスレフを構成するひとつひとつのダブルバスレフ、第一ポ

ートを経由したバスレフですが、同様に共鳴管が第一ポートを経由して鳴らせるか確認します。イメージ的にはこうです。

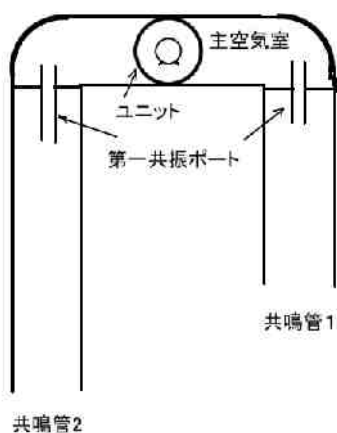


あっけなくよく鳴りました。複数の第一ポートのドライブは **MCAP-CR** で経験済みなので、これなら複数の長短パイプを鳴らせそう。期待が高まります。

### 3. 多重共鳴管

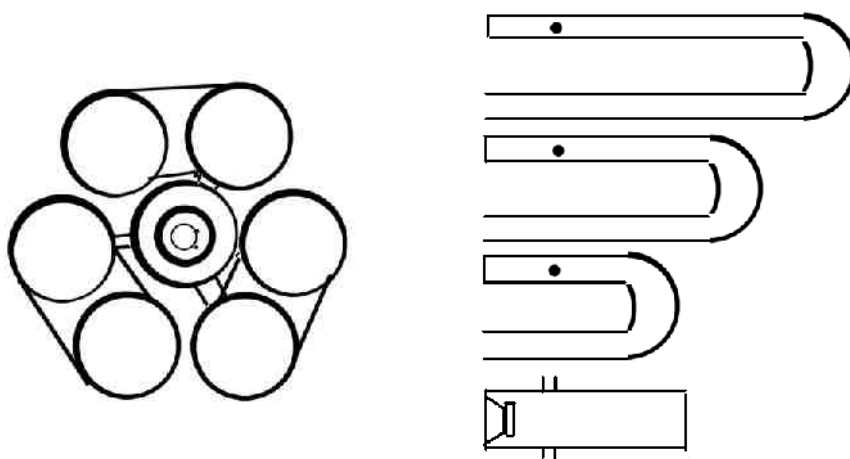
なんとなく材料の取り回し、共鳴管の感覚が分かってきたのでいよいよ2本のパイプを鳴らしてみます。（当初 **MCAP-CR** の共鳴管版にて **MCAP** 共鳴管と呼びましたがこれは厳密には不適切でした頭文字の単語の意味が合いません）

前述のとおり **MCAP-CR** の第一共振ポートから先が複数の副空気室の代わりに共鳴管パイプがつながる形なので下のようなイメージになります



当初私は共鳴管って主共鳴音だけがパイプから出てくるものと思っており、したがってそれを適当に並べれば **MCAP-CR** みたいに広範囲な低音域増強ができると単純に思っていました。がこれは間違いでした。

実は最初こんな 3 本パイプものを想像していました。下手な漫画でゴメンナサイ



75Φ 主空気室を中心に 1 m、1.5 m、2 m の 3 本の 50ΦVU パイプを鳴らせば、1 m 管が 71 Hz と倍の 142 Hz, 1.5 m 管が 50 Hz と 100 Hz、2 m 管が 39 Hz と 78 Hz で大体上手く分布して並べばうまくいくだろう。また真ん中で二つ折りすれば倍音がしっかり出るだろう。（と思ったが後に全面的設計見直しになります）まずこの長さの 3 本を 50Φ でそれぞれ 1 本ずつ作って試そう。

この時点で先のダブルバスレフで使用した主空気室は大きすぎ、パイプが鳴りません。いきなり 3 本は組み立ても困難と見えるのでまず 1.5 m と 2 m の 2 本で試します。

主空気室はスケールダウンしてこんなものから。



第一ポートは VP 管 30Φ



分かりにくいですが長さ違います



ポリ袋ごしに水を入れて容積を大まかに量ります

いわゆる **MCAP-CR** の第一ポートを左右の異径ジョイントの中に仕込みます。

第一ポートの共振周波数は鈴木会長が **NET** 公開されている簡易計算表を使用しました。共鳴パイプの容積を副空気室容積、パイプ全体を大気側第 2 ポートをと仮定して入力しましたがこういうことは正しい使用法ではありません。でも主空気室容量と第一ポート長さ太さが支配的なのでともかくこれでやってみます。（**30Φ、70mm** と **75mm** とします）全然手がかりなしではどうにもなりませんし、そもそもこんなやり方で複数の共鳴管が鳴らせるかもまだ分かりません。

鈴木会長から長短パイプは長さに応じて太さを変えて行くのが良い旨のアドバイスをいただき、反映します。



ともかく 2 本つないで鳴らします。

パイプ全体がぶるぶるして防振が必要です。割り箸の突っ張り棒が効きます



まるでイカタコ火星人の襲来です



長さ、太さ、曲げ方をいろいろ試します



主空気室をさらに小さくしました（2リッター強）。このほうが2本のパイプは良く鳴ります。

ベースが幅広く音階を引いている曲を聴くと、音程により鳴っているパイプが入れ替わるのが分かります。音色は最悪ですが2本の異なる共鳴管の並列動作自体は確認できました。（ホッと一息）

また当初3本、4本パイプの構想をしていましたが2本で充分と思えてきました。まだまだ試行錯誤はやります



パイプ終端をめっちゃ太くラップ状にしたら BH に近づき、2 本の共鳴管の違いが不明瞭になりました

このあたりでいろいろ分かったのは

- 1 この 3 インチユニットでは主空気室は 2 L を大きく超えるとパイプ共鳴は弱くなる
- 2 初段に VU 管 50Φ2 本は太すぎる 30Φ と 40Φ で大体良い
- 3 第一ポート断面積合計はユニットの有効振動面積より小さくて正解
- 4 パイプは異径ジョイントで段階的に太くして共鳴出力増強できる
- 5 上の④で最初細ければ末端はかなり太くなくても大丈夫
- 6 とは言っても極端に太くするとバックロードホーンに近くなり意味が無い
- 7 最終的開口部分の総合断面積はユニットの有効振動面積を超えても大丈夫
- 8 共鳴管パイプは中央で二つ折りにすると主共鳴は弱くなる（理由不明）
- 9 パイプにガムテープやアルミテープを貼ると防振効果ありパイプ出力増大する

やってみると公開されている塩ビ管 SP や共鳴管、MCAP-CR の基本的な設計方法を再確認していることに気がつきます

いやなピークが無いようにすること、カァカァ音が少なくなるようにすることを注意して長さ太さを試してゆきます。ベースギターをカセットデッキのマイク端子に -10 d B の ATT 経由で直結し、音階のチェックをする方法で、極端な問題があるときは大体分かるのですが、実は楽器そのものも F 特があって、開放弦とその 1 オクターブは良く鳴るがデッドポイントもあって元からよく鳴らない音もあるので注意してやります。

（共鳴管みたい）



終端は 50Φ 位で良いみたいです 下へ向けるとキンキンカァカァは目立ちません

なんとか音楽鑑賞に堪えるレベルまで来たので、たてちゅうさんにご紹介いただきました「集まれ！塩ビ管スピーカー」のサイトに投稿させていただきました。

#### 4. 余談です

主題に関係ない長話です 忙しい方は読まないでください

行きつけのホームセンターで切り売りのスピーカーケーブルを物色していると白髪頭のジジイが話しかけてきてこんなこと思い出しました

オーディオ趣味関連のサイトを見ていて、

「メーター数千円、数万円のスピーカーケーブルなんて詐欺商品に等しい、無意味だ」

「スピーカーケーブルは数メーターで使うなら 0.75mm<sup>2</sup>～1.2mm<sup>2</sup> のメーター\200 未満で充分」

みたいな話をいくつか読みました。

私も基本的にこの話には賛成ですし、メーター数千円のケーブルなんて絶対買いません。

でもだからと言って、そういうケーブルを買い気に入って使用している人に理屈を言って諭したり、何も聞こえていないと言ってバカにしたり、そういう商品や商売を非難するべきではありません。

趣味で好きな物を購入して、好きなことに使うのは、それが個人の楽しみで他人の迷惑にならない範疇で行われている限り、他人の批判的意見を聞かされることは大きなお世話であります。また、他人が気に入って使用しているものを自分の価値判断で否定するのは自分の好き好きの押し付けです。

また、人間の感じる音の良し悪しなんて客観性など一部分で、大半は好きか嫌いか、主観的なものです。隣の席にいる人がなにを感じてるかなんてわからないのです。

ところで数万円のケーブルで、これが良いと信じて聴いた音楽の感動って本当に安物ケーブルと大差ないのでしょ

うか。それとも物理的特性の差が分からないほうがアホなんでしょうか。

私が昔アンプの自作をしていたときの話です。当時高校生の私は「ラジオの製作」とか「初歩のラジオ」とかの製作記事を見ながら自分なりの「高級プリアンプ」の完成を目指し努力をしていました。そんな中で、「タンタルコンデンサをカップリングに使用すると音が良い」旨の話をを見つけ、秋葉原で買ってきたそれと元の電解コンデンサを交換して、確かに数段音質が改善され（・・・たと思いました）、高音は見事にすっきりと冴え渡り、中音域も厚みを増して前面に出てくる、こんなにすばらしい世界に浸れるとはなんと幸せなことかと一人悦に入っていました。

ところが、そのコンデンサがまがい物のいんちきであることが後に判明し、それを知ったとたんに魔法は消え去り、もとの電解コンと同じかそれ以下の音に聞こえてきました。

後に高価な本物のタンタルに買えたところ、すっきりした帯域の広さに改善したようでそれは確かなものと思われました。

ではあの時、インチキのタンタルを使用したときの音のよさは気のせいだったのでしょうか。

そうは思えません。あの時確かに、ワクワクしながら電源を入れて音出しをしたとき、本当に素敵な音を聞いて感動し、幸福でした。これって私の耳に判断能力の無いことの証明なのでは

しょうか。

「うそじゃない、あの時の音、本当に良かったんだ、みんな俺を信じてくれえ、本当だよー」

スピーカーケーブルの話に戻ります。私も人に一本数千円のケーブルを勧めたりしません。家庭で使うならメーター\200 ので充分と言いますし自分もそうしてます。

でもケーブルに何万円も払って、それが良いと気に入って満足している人には、そっとしておいてあげるべきだと思うのです。

**なぜって彼はそのケーブルで幸せな体験をしているのかもしれないのです。**

やれオームの法則だの古典電磁気学とかの理屈を言って人の幸せをぶち壊しにするのは簡単ですが、オーディオ、こと音楽を聴いて何に感動しているかは本人にしかわからないことです。

「知らぬが仏」が良いと言っているのではありません。心理的効果を優先しろといっているのでもありません。

ケーブルは素人でも簡単に購入、交換できるし、電気の理屈も高校の物理程度で比較的素人にも分かりやすいので、こういう話が起こりやすいのでしょう。他のどんなパーツや製品にも同様の話、方式とか仕様が違うため価格も異なるが、ところが性能、音色は実は実体に見合っていない、集団心理でうたい文句にだまされている、なんて話は必ずあるでしょう。みんなの信頼しているメーカー製品の高級ブランドイメージなんてこういう魔法の積み重ねかもしれません。

ところであのタンタルコンデンサ（本物の方）は本当に優秀なのでしょうか。

インチキだと指摘された方は粗悪な音だったのでしょうか。

私には分からなくなりました。

お願いします だれかもう一度、私にあの魔法をかけてください

あの幸せを返してください お願いします

## 5. 測定機材と調整

1.5m と 2m でスタートしたパイプはだんだん長くなり最終的に 1.7m と 2.5m に達しました。ずっとエレキベースと聴感だけでテストしてきましたが、限界を感じていました。そこでストレージオシロとアナログオシレーターのボードキットを入手し、共鳴周波数の確認をできる体制でテストを始めます。市販の同様な機能のオーディオ測定機材はトシデモ価格のようですがこれはACアダプタやケース、コネクタなど含め全部で1万円くらいでできました。



オシロは波形の確認ができ、周波数カウンタ機能あります

オシレータは0.1 Hz から 1 MHz とオーディオ帯域には充分でレベル変動なしに安定してます サイン波はやや波形ひずみありますがまあ問題ないでしょ

(私はこれのショップ、秋月電子通商が大好きなのです)

これを使用して手動でスイープ音スキャンし、驚くべきことに気がつきます。

いわゆる共鳴管スピーカー設計の教科書には主共鳴音、2倍音（これは音響迷路効果）、3倍音くらいまでしか説明されたものを見たことがありません。また3倍音は好ましからざる音として排除するべきだと読みました。

ところがこのオシレータ出力をつないで鳴らしてみると3倍音やそれ以上の奇数次倍音はまったく確認できませんでした。そして主共鳴周波数の何倍ともつかないような妙な周波数で共鳴がいくつも起こっています。それはオシレータの周波数そのままの音もあればキンキンした高調波倍音だけのものもあります。

それは（パイプに耳を当てて聞き取ります）200 Hzを超えるとユニット本来のF特とごっちゃになるので区別が困難になりますが300 Hz以下くらいにおいて、ざっと

### 3.7 m 管の聴感共鳴ピーク

250Hz、203Hz（高調波も多い）、195Hz（高調波のみ）、182Hz、171Hz、162Hz（高調波のみ）146Hz（高調波のみ）、138Hz（高調波のみ）、125Hz（ブロード状に広い）、116Hz（ブロード状に広い）、96Hz（ブロード状に広い）、84Hz（高調波も多い）、48Hz、24Hz（小さい）

### 2.6 m 管の聴感共鳴ピーク

290Hz、252Hz、234Hz、228Hz、219Hz（高調波のみ）、200Hz（高調波のみ）、183Hz、160Hz（高調波のみ）、146Hz（高調波のみ）、114Hz、68Hz（ブロード状に広い）、58Hz、34Hz、17Hz（小さい）

（ここで言う高調波とはその周波数自体はピークではなくキンキンしたその数倍音らしいのがそこで鳴っている旨の意味です）

実は当初このたくさん出てきたピークを、先入観と吟味不足で、 $\times 3$ 、 $\times 5$ 、・・・の共鳴管の奇数倍音、また  $\times 4$ 、 $\times 8$ ・・・とかの偶数倍音と勘違いして会長にご迷惑をかけてしまいました 申し訳ありません  
これを整理して、

- 1 共鳴管、迷路の理屈らしい  $\times 1$ 、 $\times 2$  は 48 Hz、96 Hz と 34 Hz、68 Hz の 2 ペア
- 2  $\times 1$  主共鳴音と  $\times 2$  倍音は案外離れている（中間はデップ大きい）
- 3 いわゆる耳障りな音、奇数次倍音は出ていない
- 4 倍音と同時または倍音のみの周波数ポイントはパイプ出口に耳をつけないと分からない（小さい）
- 5 キンキン倍音を含まないピークは①の 2 ペア 4 点ほど大きくは無いが目的の低音増強に貢献する
- 6 音響迷路効果の 2 倍音は鋭いピークでなくかまぼこ状に広い
- 7 なんと主共鳴音の半分付近に小さいながら共鳴点が存在する（理由不明）

2 本のパイプ長は最初聴感だけで調整してきましたが、パイプ 2 本だけでいくつもの共鳴点がある以上、フラットな F 特を目指すためにそれを整理して順序良く配列する必要があります。

話が前後しますが 2.5 m 管を 10 cm 延長し、終端をそれぞれ紙パイプに変えた結

果が上の周波数値です。ベースギター直結聴感テストだけでだいたいまあまあのところまで来ており、重大な問題がなかったことほっとしました。

最終的に2本のパイプは1.7mと2.6mとなりました。その主な共鳴周波数の配列、最大目的の主共鳴周波数と2倍音は以下のように並ぶことになります

パイプ長さ	主共鳴周波数	2倍音
1.7 m管	48 Hz	96 Hz
2.6 m管	34 Hz	68 Hz

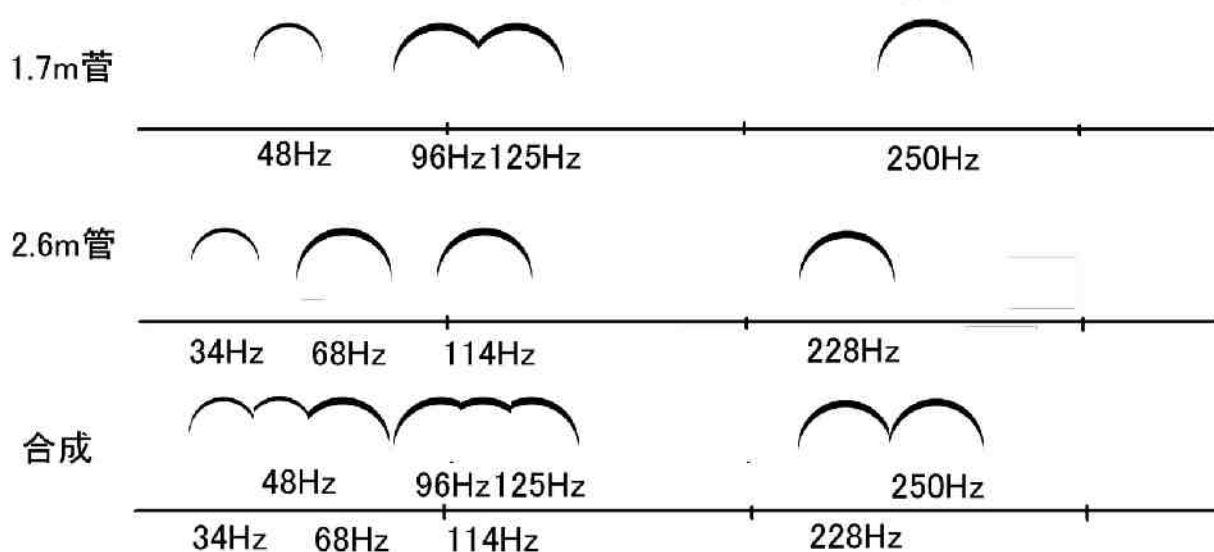
目安の理屈は（主共鳴周波数  $F$  [Hz] =  $85 / \text{パイプ長さ [m]}$ 、開口補正なし）ですが実測値は上の表のように少々ずれています。

原因はエルボによるターンと異型ジョイントの接合部があるためでしょう。

開口補正をするなら  $0.82 * R$ （ $R$ は開口部分半径[m]）をパイプ長さに加算しますがVU管50Φは充分細いので無視します。

各共鳴点が大体重ならないよう長さ調整した結果です。また、⑤を意識して、主な正体不明のピーク位置も書き込んでF特のグラフみたいに漫画を描くと

大体こんなイメージになります。



（おおよそのピーク位置周波数を示したのみでピークやデップの高さやカーブは実測

したものではありません)

また2本の第一ポートの共振が当初150 Hzと120 Hz付近にいるはずだったのですが、パイプ太さ長さがどんどん変わってもポート設定は当初のままほったらかしで、オシレータと聴感では分からずどこへ行ったか行方不明になっていました。

しかしパイプが長く太くなったので125 Hzと114 Hzあたりがそれのように思えますが確認できていません。この二つはその倍が出ています。

それ以外にも上に示すとおりたくさん共振は起こっていますが、この漫画は主なものだけです。

2. 6m管の34 Hzは2倍音68 Hzや1. 7m管の48 Hz, 96 Hzよりやや弱く、材料や構造の限界かもしれません。

また、⑥の主共鳴周波数の2分の1、24 Hzと17 Hzについては、とても弱いしF特として連続につながっていないので意味は無いのですが、こんなもんが出てきたことは大変驚きで、理屈は分かりません。共鳴管より音響迷路の要素なのでしょうか。

音響迷路効果らしい2倍音は主共鳴音と比べてブロード状に幅広く出るが、正体不明ピークにもそういう形状のがある。これは発生理由の解明の手がかりになるのでしょうか。

1. 7m管の125 Hzと250 Hz、2. 6m管の114 Hzと228 Hz、58 Hzと114 Hzは数値的に倍の関係に見えます。発生理由も関連があるかもしれません。これらの発生は多重パイプにしたためとか共鳴管一般の現象として捉えるよりも、音響迷路的效果、異径ジョイントによる段違い拡張によるものや、エルボ90度ターンの招いた現象のように思われますが、解明できていません。

目的は音楽鑑賞目的のスピーカー製作であって物理の実験ではありませんので、低音域の増強に貢献するものならば、正体不明でも喜んで歓迎することにします。

(と言って逃げます)

が、もし専門家の方のご意見等チャンスあればぜひ拝聴したいと思います。

パイプに耳当ててピークセンター周波数の聞き取りを1日やると頭痛がしてきます。これもうやだ

オシレータ出力周波数をスイープするとそれぞれのパイプが受け持ちの共振周波数を通過するときに強く共鳴し、2本で分担してサポートしていることが分かります。共鳴周波数の中間位置でも、やや弱くなるが両方のパイプからまあまあ出ており、少々谷になっている部分もありますが、音楽を聴く限りではほぼ自然につながり、広範囲な低音域をバランスよく増強する目的に達成したと思います。

## 6. 仕上げと完成

音的には大体満足の行くレベルにきたので作業の修正組みなおしや美的な仕上げをします。

チーズ、エルボは菅スプレーでシルバーに塗装し、パイプは防振効果確認済みのアルミキッチンテープを貼ります。

ユニットを変えて取り付けなおします。（TBの廉価品です）



カラー針金をマグネットに巻いて長ねじワッシャーに縛ります



オフ会で教わった取り付け方です      ターミナルはステンのねじと蝶ナットです  
やたらに締めると針金が切れます      ねじ穴は隙間テープでシールします  
ユニットのフレームと塩ビチーズのあたり面は低発泡の亚克力板とスチレン板です



パイプに貼ったキッチンテープは銅箔テープみたいですがアルミ地に塗装されたものです

2本とも終端のパイプは紙管に変えました カァカァした音はほとんど消えたのでパイプロは正面に向けます



ヘッド部分の完成



自立しないので壁掛け式です

音の特徴は、バスレフみたいなダンプ感の無いストレートな共鳴管の鳴りで、スカッとした開放感と思いがけない低音域の増強が魅力です。ユニットが何せ小さいので、**MCAP-CR** 同様、知らずに聞いた人はびっくりするでしょう。ただ低音域は少々響きが効いて残響リバーブがかかり、ソース録音によってはベースの音程が判りにくくなる時もあるようです。また決定的なのはフロントヘッドなしのミュートしたバスドラム音（ド！ド！という感じの）は響いてフロント付きのミュートなしみたいに（ボンボン）歯切れが悪くなります。よって、デッドなスタジオ録音よりも残響の効いたライブ盤みたいなソースに向きます。この特徴は嫌いな向きもありそうですが自分にはライブ盤が好きなので問題ではありません。

高音、中音域はユニットの性格が支配的と思われます。

ピークとデップを最小にするよう努力しましたが自分にはこれで限界です。160 Hz



付近に少し薄い部分ありますが楽曲の鑑賞には問題ありません。

当初の考えではパイプ **3** 本で構想しましたが **2** 本で充分と思われます。でもさらに **30Hz** 以下までフラットな低域特性を目指すなら **3** 本パイプに挑戦する価値はあると思います。そのときは、**2** 本と同様に、いくつもの共鳴周波数に注意して配列を上手く組み合わせることが重要になります。また、**3** インチでゆくならユニット径を考慮して主空気室はもう少し小さくし、パイプの初段は細くする必要があるでしょう。これを読んで造ってみようと思う方はぜひ挑戦していただきたいと思います。

**1** 月に鈴木会長と **M-TK** さんにご足労いただき、本機の試聴をしていただきました。おおむねご好評をいただきありがとうございました。

文中の話に間違いなどあれば指摘していただければうれしいです。

最初は大風呂敷を広げたような話になり果たしてまとまるか心配もありましたが先輩方のおかげで成功作となりましたことお礼申し上げます。