

MTJ

オーディオ総合月刊誌
無線と実験
AUDIO TECHNOLOGY

2009

12

No.1042

特集

自作アンプの ハンダ付け テクニック

今すぐ役立つハンダ付けテクニック

レギュラー執筆者 12 名のハンダ付け

7 種類のハンダによる音質の差を探る

高規電器工業 直熱3極出力管 300B デビュー!

第15回真空管オーディオフェア

ハイエンドショウトウキョウ2009

デジタルオーディオ30年の歩み

2009 東京国際オーディオショウ

LP、CD 兼用真空管 DC プリアンプ

小型スピーカーの設計と製作

小型 30 リットル 2 ウエイバスレフシステム

6dB + 方式ネットワーク

デジタルオーディオ 30 年の歩み

真空管アンプ測定入門

チャンネルデバイダーの使い方





ロシア産バーチ合板とアルパインの車載用ユニットセットを使用

小型30リットル 2ウェイバスレフシステム (1)

新井悠一 ARAI Yuichi

2回にわたってアルパインの車載用セパレート型2ウェイスピーカーユニットセットDLX-F17Sを使用した容積30リットルの2ウェイバスレフシステムを設計・製作する。エンクロージャー材には比較的高密度で高級家具にも用いられるロシア産バーチ材を使用し、最小限の工具で完成できるよう、設計にも配慮した。

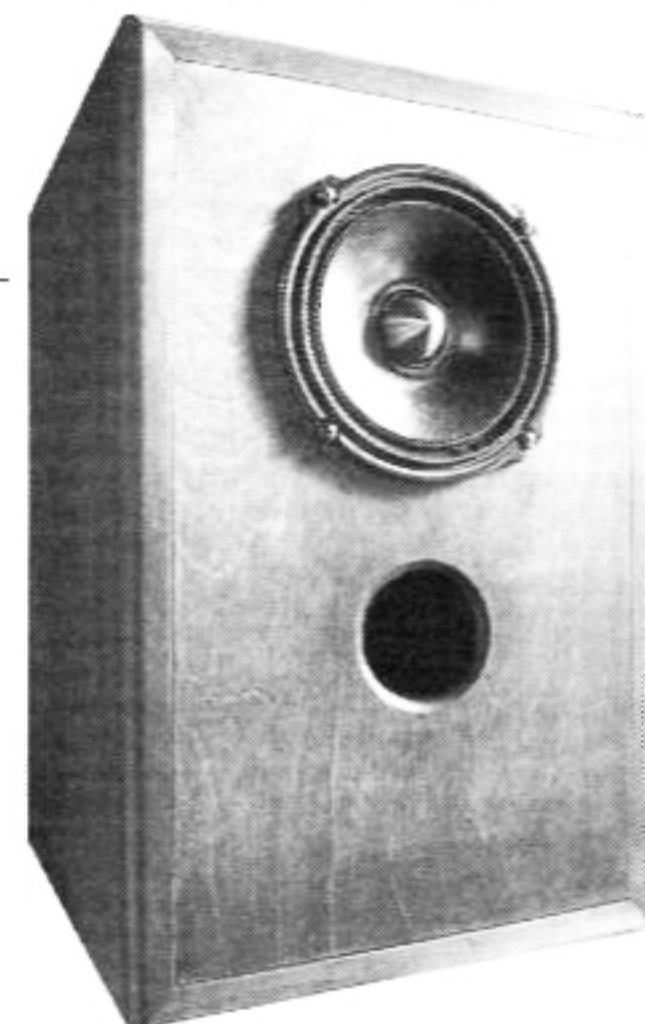
2ウェイユニットセットと ロシア産バーチ材

アルパインから17cmウーファーセットDLX-F17Sが発売されました。これは同社のDDリニア型ウーファーセットの最高峰、DLX-Z17PRO (17cmウーファーDLX-Z17W + 3cmリングトゥイーター + 専用ネットワークDLX-Z2NW) とまったく同じコンセプトを採用した上で、高いコストパフォーマ

ンスを追及したセットです。

DLX-F17Sセットは、17cmウーファードライバーDLX-F17SCKDと専用ネットワークと3cmデュアルエミッション型トゥイーターDLX-F30Tから構成されています。

本号では、このウーファードライバーの性能を最大限に引き出すべく、エンクロージャーにはロシア産のバーチ（白樺）合板を使いました。



また、この企画ではマンションなどに住んでいるために騒音の出る電動工具が使いにくい、あるいは大掛かりな工具の代わりに手ごろな道具だけで自作を楽しみたい、という読者のニーズにも応えられるよう、手道具を中心に作業しました。

しかし、画一的なキットのようなものではなく、いろいろなバリ



(a) 正面



(b) 背面

[写真1] アルパインDLX-F17SCKDウーファードライバー

[表1] DLX-F17SCKDの諸特性

項目	数値	項目	数値
ボイスコイルインピーダンス	4Ω	V_{as}	9リットル
瞬間最大入力	200W _{P-P}	コンプライアンス C_{ms}	0.36mm/N
定格入力	50W _{rms}	M_{ms}	12.5g
最低共振周波数 F_s	75Hz	直流抵抗 D_e	3.5Ω
トータルQ Q_{ts}	0.75	振動板有効面積 S_d	0.0129m ²
電気Q Q_{es}	0.87	音圧出力 (SPL)	90dB/W/m
機械Q Q_{ms}	5.9	インダクタンス L_e	0.15mH



[写真2] 専用ネットワーク



[写真3] DLX-F30T トゥイーター

エーションが楽しめる余裕も十分に残してあります。もちろん性能では妥協することなく、ウーファードライバーやトゥイーターの特性を最大限引き出したつもりです。

なお誌面の都合上、本号ではウーファーエンクロージャーの製作と基本特性について、次号ではエンクロージャー調整とトゥイーターの取り付け調整ならびにシステム特性について説明します。

ウーファーの規格と特性

DLX-F17Sには単体ウーファードライバーDLX-F17SCKD(写真1)と専用ネットワーク(写真2)、トゥイーターDLX-F30T(写真3)が含まれます。

ウーファードライバーは、定評のある同社のDLX-Z17Wに搭載されている各種先進テクノロジーをそのままに、ハイコストパフォーマンスを追及したとのことで、大きな直線振動域を持つ独特なDDリニア磁気回路、レイヤードハイブリッドファイバー振動板、ダブルギャザードエッジならびにリニアストロークダンパー、真鍮削り出しフェーズプラグ、真四角線ボイスコイルなどの技術がふんだんに使われています。これによって歪みの少ない大きな振動振幅を得ることができます。カタログ上の規格とTSパラメーターを表1に示します。

DLX-F30Tトゥイーターに関しては次号で触れます。

以上の3点セットDLX-F17Sはアルパインから販売されています。2009年10月現在のメーカー希望小売標準価格は¥57,750(2セット1組)です。詳細は同社ウェブサイト参照してください。

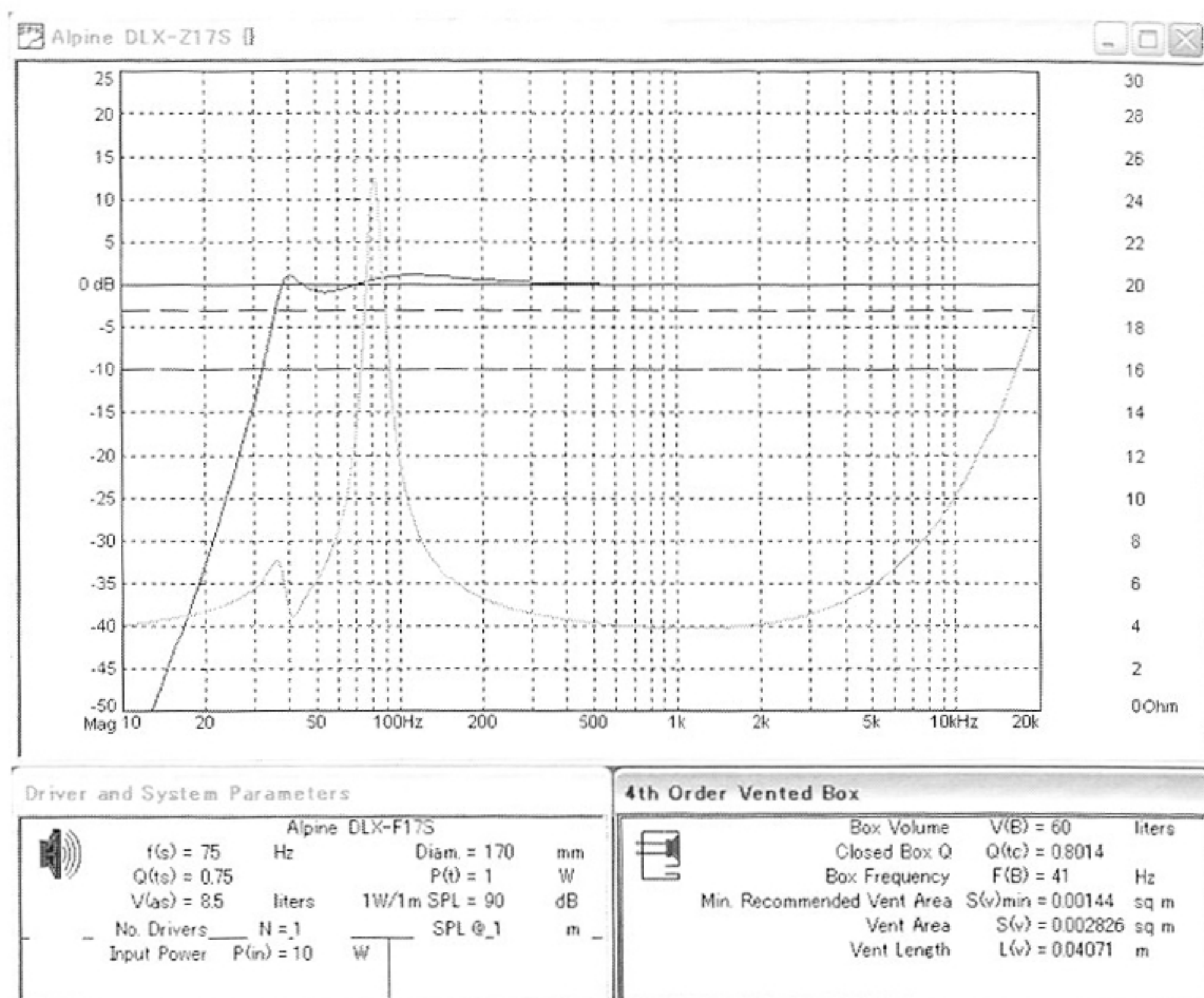


図1 最適化シミュレーション

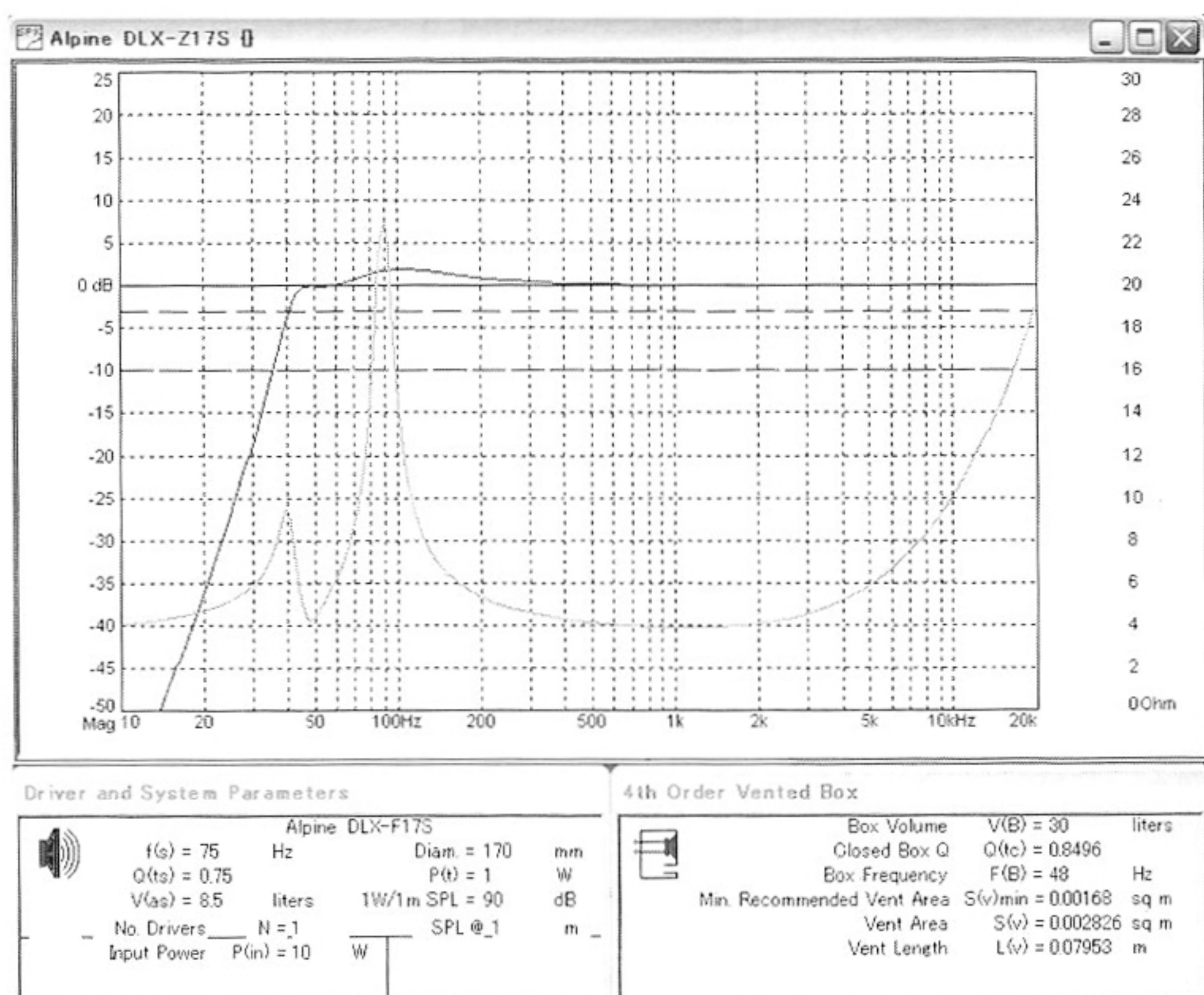


図2 $V(B) = 30$ リットルにおける特性

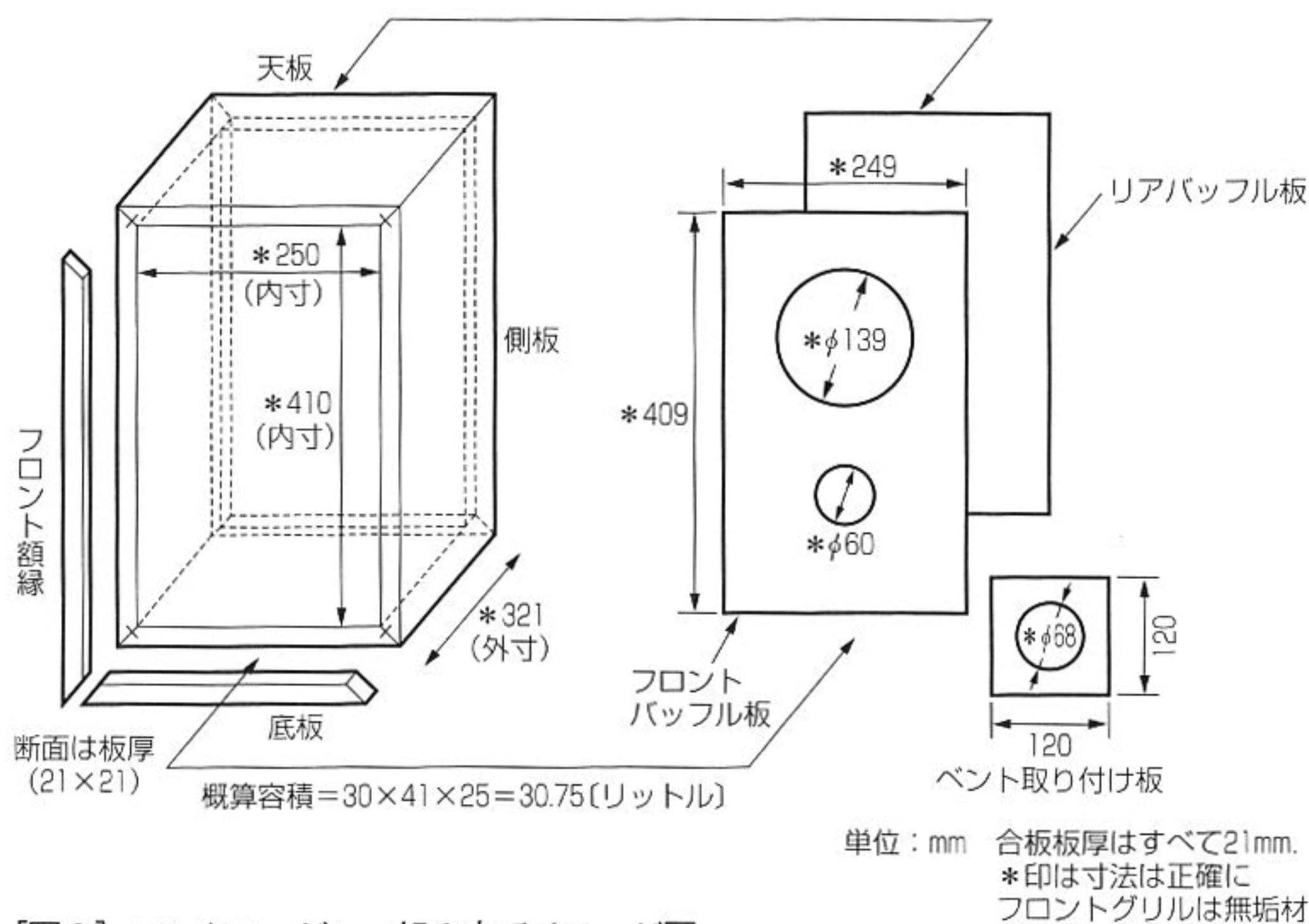
ロシア産バーチ

木材は機械振動に対して適度な損失があるのでエンクロージャー用の素材としては適しますが、一般に品質にバラツキがあり、軽いので比重の大きな素材を使う必要があります。

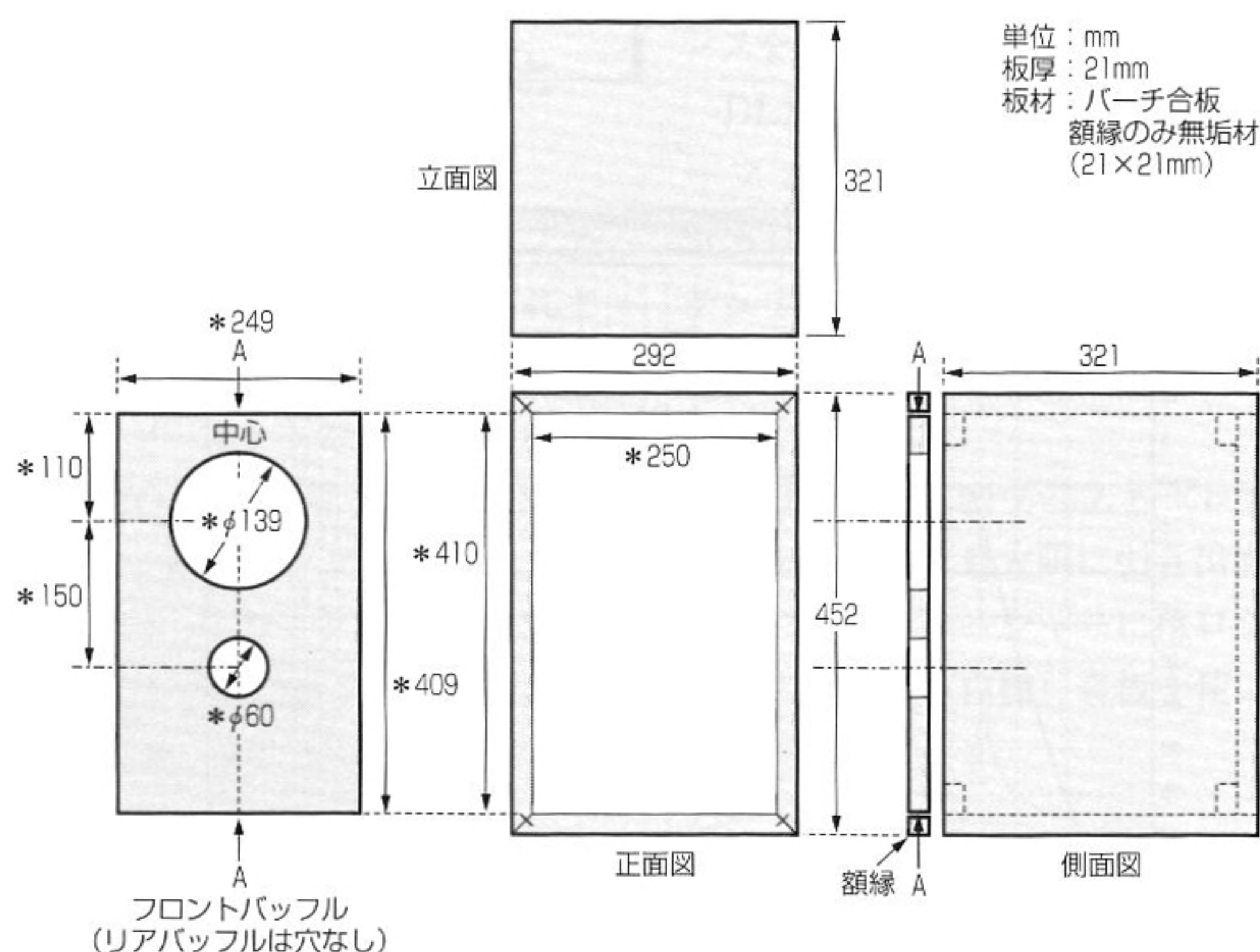
木材の比重は大きく分けて0.5以

下、0.5~0.8、それ以上と分けることができ、良質なエンクロージャーには0.6~0.7くらいが適しているとされます。もちろんこれ以上でもかまいませんが、高価で、一般に加工が困難です。

日本木材総合情報センター(<http://www.jawic.or.jp/>)のデータによれば、比重0.6~0.7に



【図3】 エンクロージャー組み立てイメージ図



【図4】 寸法図

属するものとして、国産材ではアサダ (0.73), サクラ (0.6), 白樺 (0.63), ブナ (0.65) があります。輸入材では、カナダや米国産イエローバーチ (0.71), ホワイトオーク (0.72), ハードメイプル (0.71) があります。紫檀や黒檀は0.8から、場合によっては1を超えます。これらは高級家具や仏具などに使われる超高級素材です。

なお、ここでいう比重とは「分布気乾比重」といい、完全な水分ゼロの状態ではありません。必要

量の水分を含んでいますので、おむね使用状態と考えてよいでしょう。しかし、木材なのでバラツキが大きく、合板などに加工することである程度安定するものの、少し変化することも頭に入れておく必要があります。

今回はテツヤジャパン (<http://tetsuya-jp.com>) が輸入販売している、ロシア産バーチの合板を使いました。ロシア産バーチのデータは探しても見当たりませんが、テツヤジャパンのパンフ

レットにある合板の重量から計算すると、板厚によって計算誤差が出ますが0.62~0.67くらいとなるので、十分に高級なエンクロージャーとして通用します。

この合板の特徴は、比重が適度なことに加え、表面がきれいで加工が容易かつ塗装乗りが良く、高級家具の素材として用いられているそうです。大径に成長したバーチのみを使用しているため、品質ムラも少ないとのことでした。

板厚はエンクロージャーに使えるものとして18, 21, 24, 30mmの4種がありますが、今回は小型エンクロージャーなので、21mm厚を使うことにしました。

エンクロージャーの設計

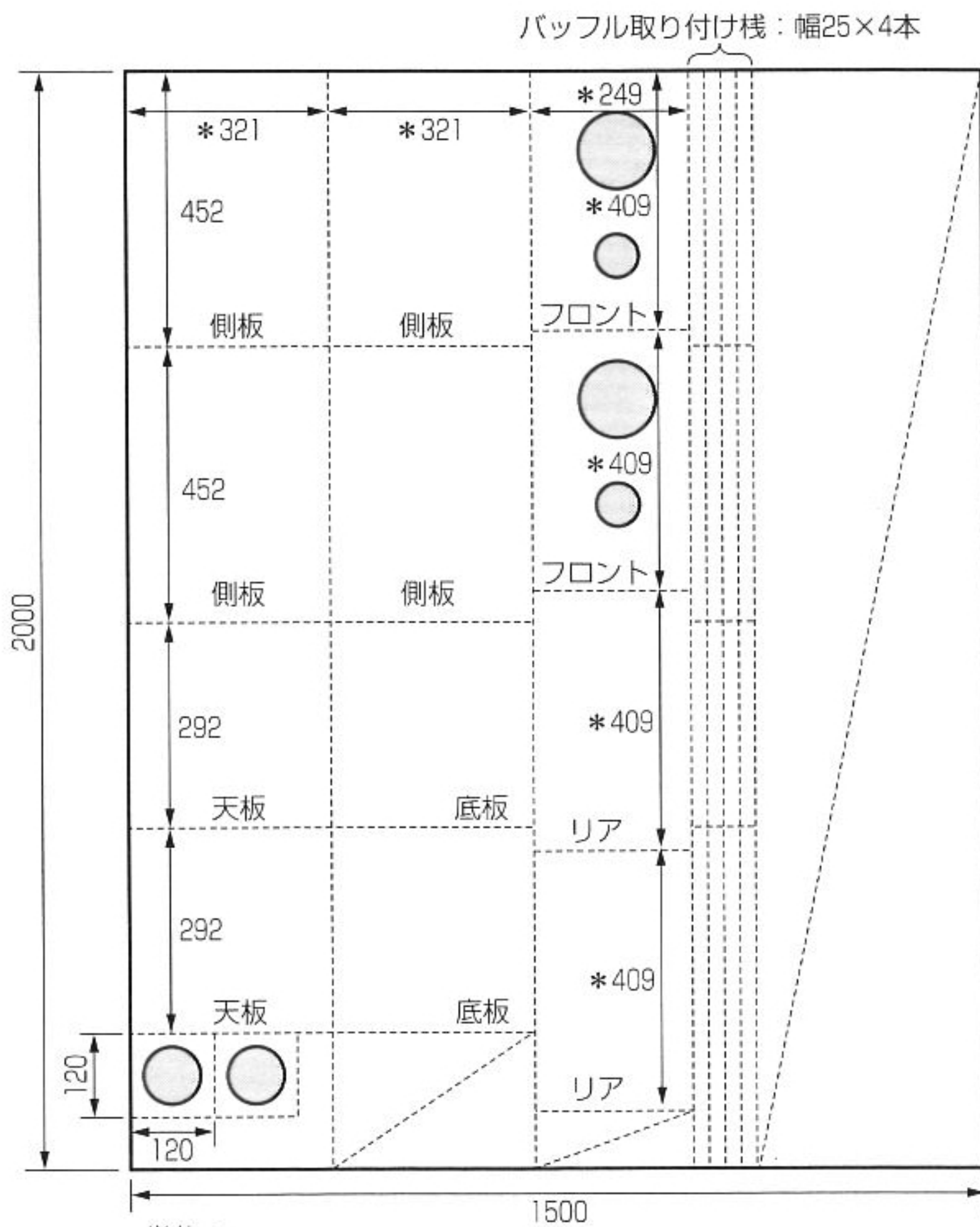
スピーカードライバーとエンクロージャー材が決まったので設計を始め、必要な部材を割り出します。

(1) エンクロージャーのサイズ

TSパラメーターは、カタログにある F_s (75Hz), Q_{ts} (75), V_{as} (9リットル) を用いました。

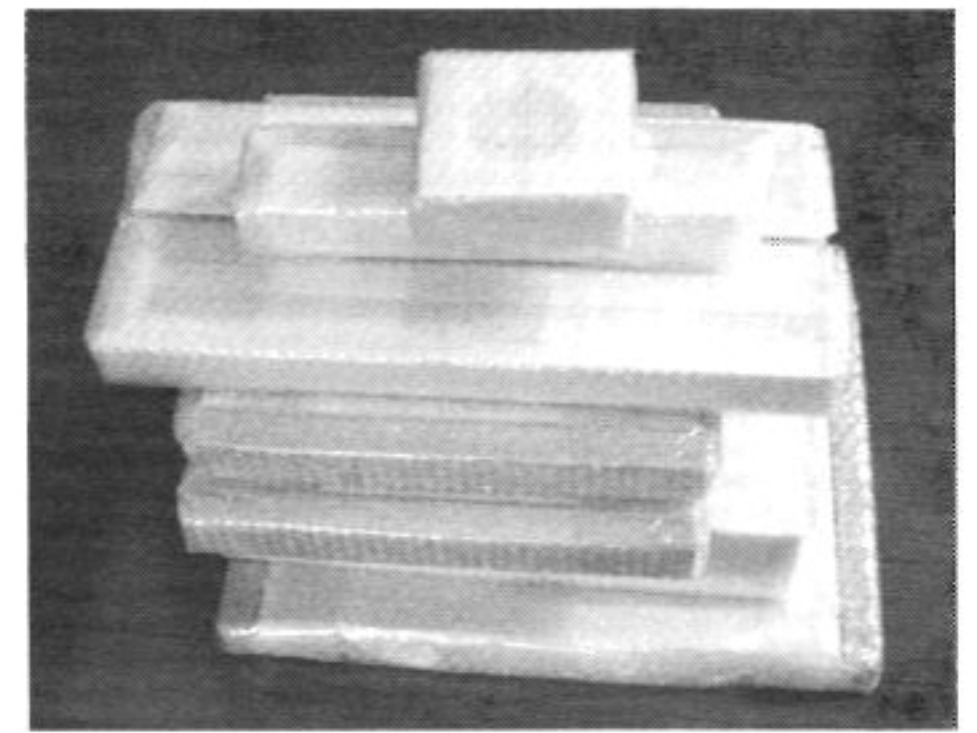
WinSpeakerzを使って、許容リップル内の特性で低域が最も伸びるパラメーターを計算すると、容積 $V(B)$ が60リットルとなります (図1)。このときの共振周波数 $F(B)$ は41Hzで、低域は35Hzまで再生可能となります。この値は十分な低域ではありますが、もう少し下限を上げて、小型のエンクロージャーを目指します。

図2では $V(B)$ が30リットル、 $F(B)$ が48Hzとなり、計算上は低域の再生下限が40Hzとなり、図1の容積60リットルの場合に比べて少し上がりますが、エンクロージャーの大きさが半分になります。容積が半分になると設置面積も小

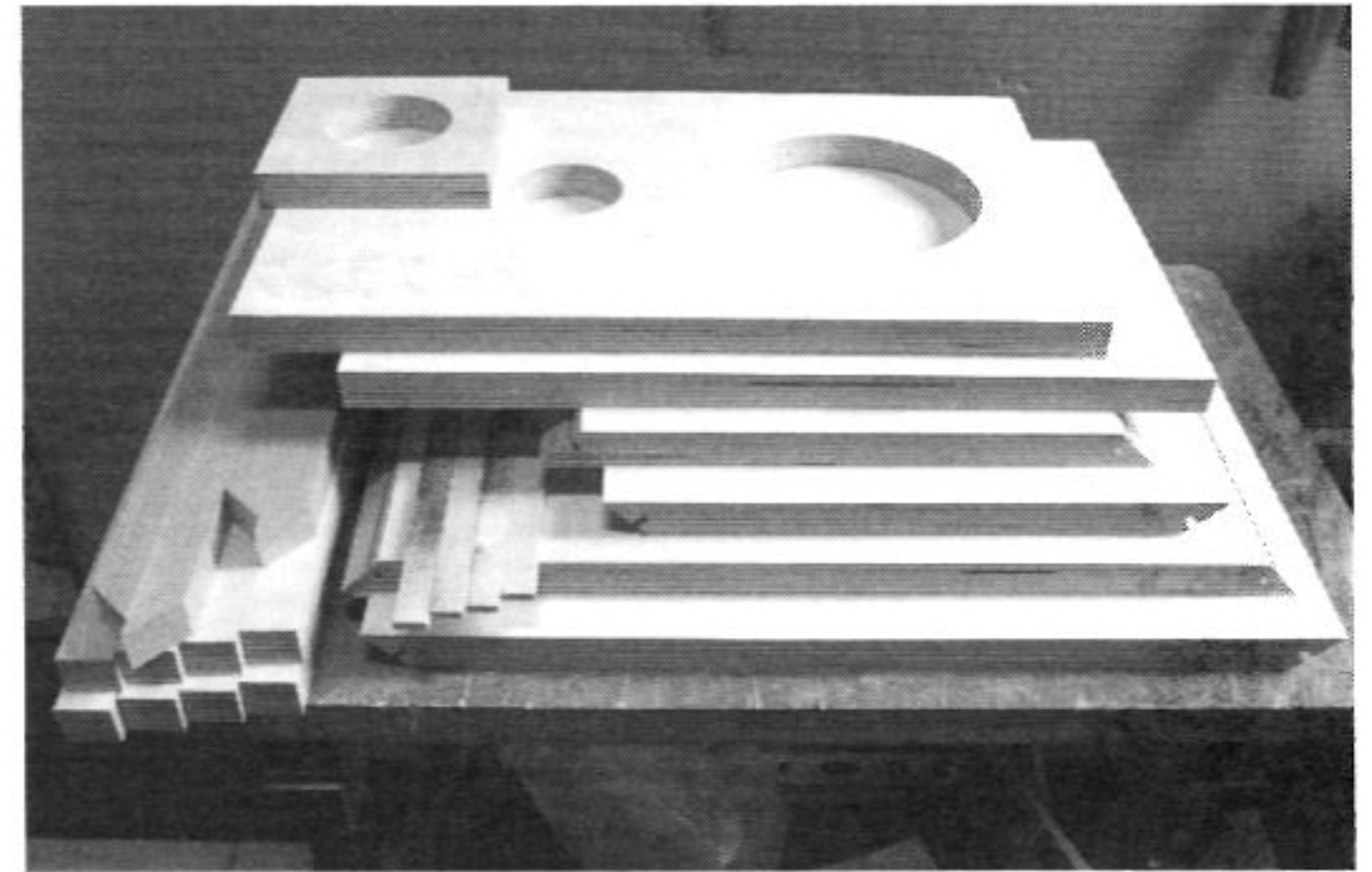


単位: mm
板厚はすべて21mm
板材は2135×1525mmを想定
切り代は端に寄せで記述
板の表をエンクロージャー外側にする
欠けなどがないこと
斜め線部分はエンクロージャーでは使用しない

【図5】板取り図



【写真4】到着した
カット済みロシア産
パーチ材



【写真5】エンクロージャー1台分の材料

通常どちらかを接着剤で固定し、反対側をネジどめにして取り外し可能にしますが、今回は将来の変更に備えて、どちらも取り外し可能にしました。しかし、フロント側はネジを外に出したくなかったもので、裏側からネジどめする方式にしました。フロント構造をガッチリと固めたい場合は、接着剤を塗布してからネジどめするのがよいでしょう。

ベントは塩化ビニル樹脂製のエルボを取り付け板に接着し、ベントアッセンブリーを作った後に、このアッセンブリーを4本のネジでバッフル内側に取り付け、実験や将来の変更にも容易な構造にしました。

加工図の作成

図4に三面図とフロントバッフルの寸法を示します。計算上、フロントとリアバッフルは本体の内寸より1mm小さくしました。自作の場合は現物合わせが無難ですが、プロに裁断を依頼する場合は寸法が正確なので、1mm差でぴたりと

さく、部材量も少なくなり、かつ製作作業も格段に楽になります。

このシミュレーション結果を基に、今回は30リットルエンクロージャーで進めることにしました。

ここで、 $F(B)$ 48Hzを得るための最低推奨ベント面積 $S(v)_{min}$ は約17cm² (図中では0.00168m²)と計算されるのに対し、意図的に $S(v)$ を28cm²としたのは、ベントに水道管のエルボを使いたかったからです(後述)。

(2) トウイーターの設置方式

トウイーターは天板の上に乘せる形式を取りました。このため、ウーファー位置をトウイーターに近づけるように、ウーファーをフロントバッフルの上側に配置しました。したがって、ベント位置もエルボの曲がり具合から勘案して

図面の位置としました。

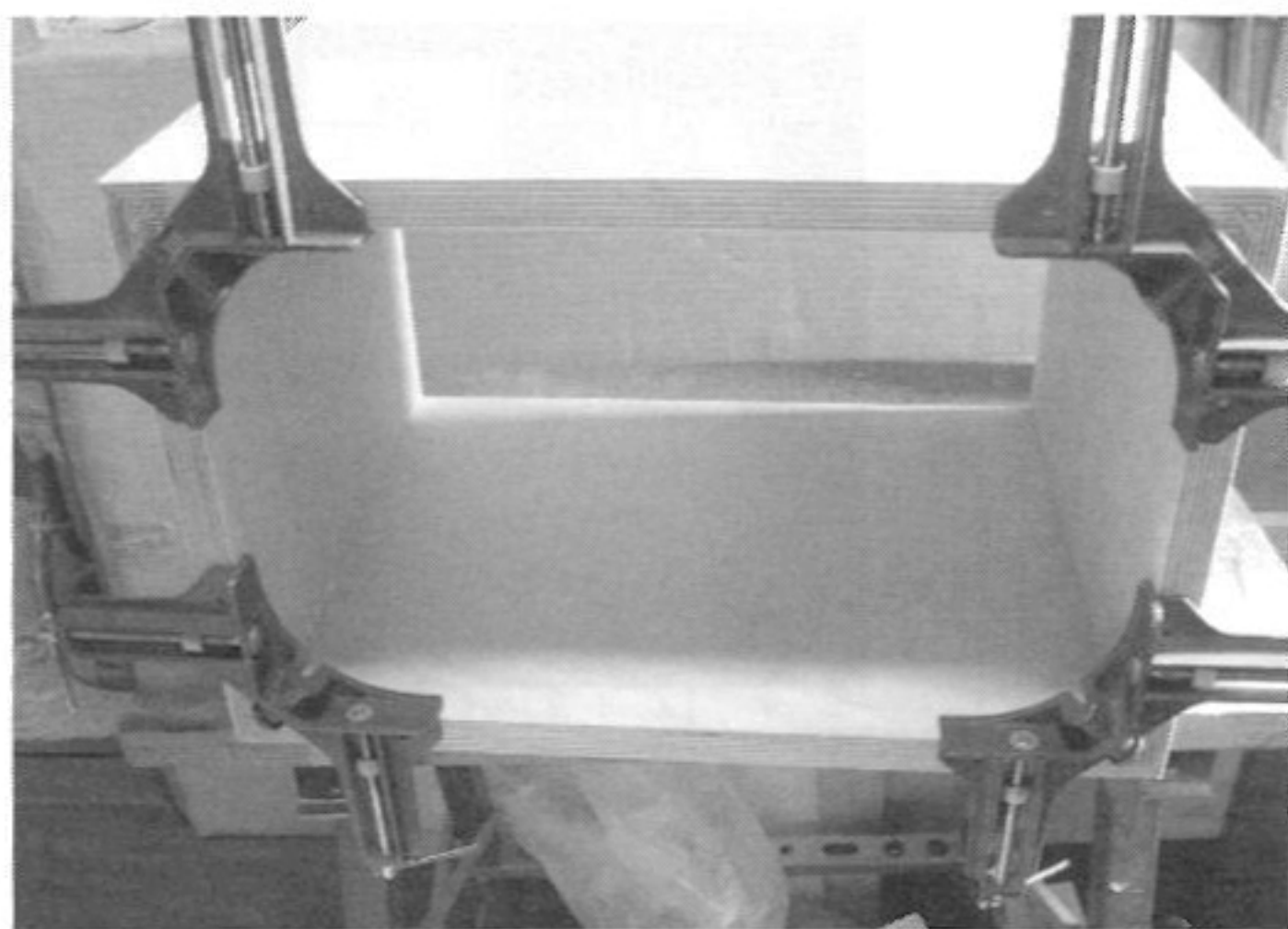
(3) 全体の構成の検討

以上の結果から、今回製作する30リットルエンクロージャーの組み立てイメージを図3のように描きました。

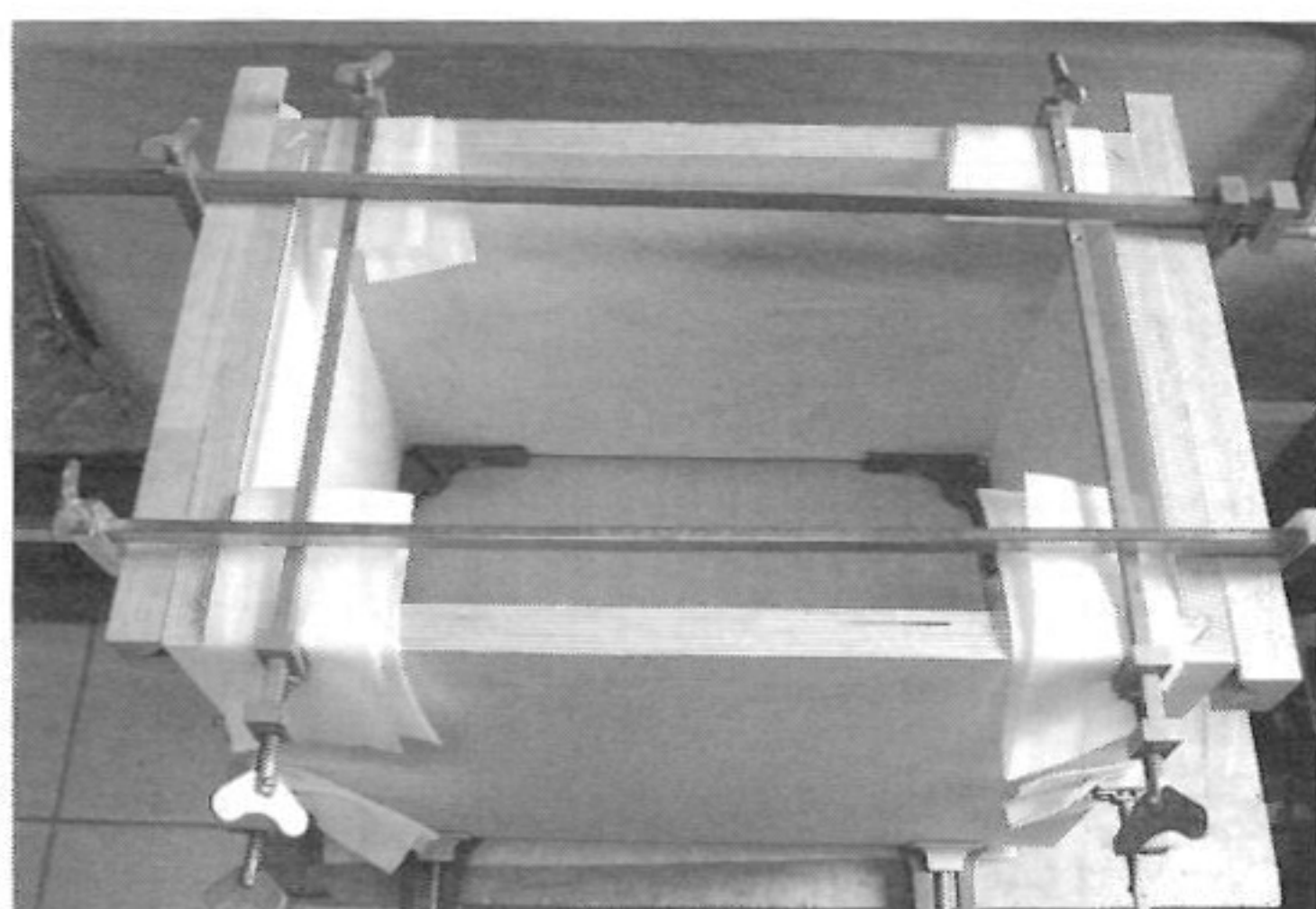
天地板・側板は45°カット接合します。合板の切断面が前方より見えるので、ここに無垢材で額縁を回します。この額縁の厚みにフロントバッフルを落とし込み、フロント面と額縁をフラットにしました。

リアバッフルは本体内部に落とし込みました。これは固定枠の位置で調整できるので、出来栄を考えて修正しても性能に大きく影響するほどの容積変化にはならないでしょう。

前後のバッフルの取り付けは、



【写真6】 天地板と側板を接着，コーナークランプで固定



【写真7】 写真6の反対側はハタガネで固定

合いました。

図5にテッヤジャパンの21mm厚1500×2000mmロシアバーチ合板1枚からの板取り図例を示します。

これは額縁部分は含んでいません。額縁は21×21mmの角棒を図4に示す長さに45°に斜めカットしたもので、好みの板から切り出す場合は図4の寸法図を参考に、効率のよい板取りをすればよいでしょう。ただし、天地板と側板の木目の方向がぐるっと1回転回るような方向に取ったほうが出来栄が自然です。強度という観点では合板なので、どちら向きでも変わりません。

準備するもの

(1) 板材の断裁

DIYは自分で板材から切り出してくることを本分としますが、このためには「電動丸ノコ」や「ジグソー」，「ルーター」，その他さまざまな電動工具が必要になります。

こういう器具の使い方に慣れている読者は、好みの板材を購入して切り出せばよいのですが、作業スペースが確保できなかったり、マンション住まいで騒音などの関係からこうした工具が使用できなかったりした場合のために、テッヤジャパンでは裁断サービスもし

ているとのことです。

このエンクロージャーそのままでも、一部修正をしたものでも、まったく一から図面を引いたものでも裁断できるので、裁断費用は もちろん掛かりますが、ベランダなどの限られたスペースでも裁断後の工程からDIYを十分に楽しむことができます。詳細はテッヤジャパンに問い合わせてください。

今回は板材の裁断サービスを利用しました。板があらかじめ切っただけというだけで、組み立ては自由なので、製作のバリエーションがたくさん考えられます。

(2) 工具・道具類を揃える

必要な工具、道具類は以下のようになります。電気ドリルは最低限必要で、それに加えて下記の手工具や消耗品が必要になります。

- ・手挽きノコギリ（刃の細かいもの）
- ・プラスドライバー
- ・ノミまたはナイフ
- ・コーナークランプ（4個）
- ・ハタガネ（少なくとも4個）
- ・木工用接着剤（酢酸ビニル系）
- ・サンドペーパー（150～250番）
- ・着色剤，ニス，薄め液，刷毛などの塗装用品

詳細は製作過程を参照してください。

(3) ベント素材と加工

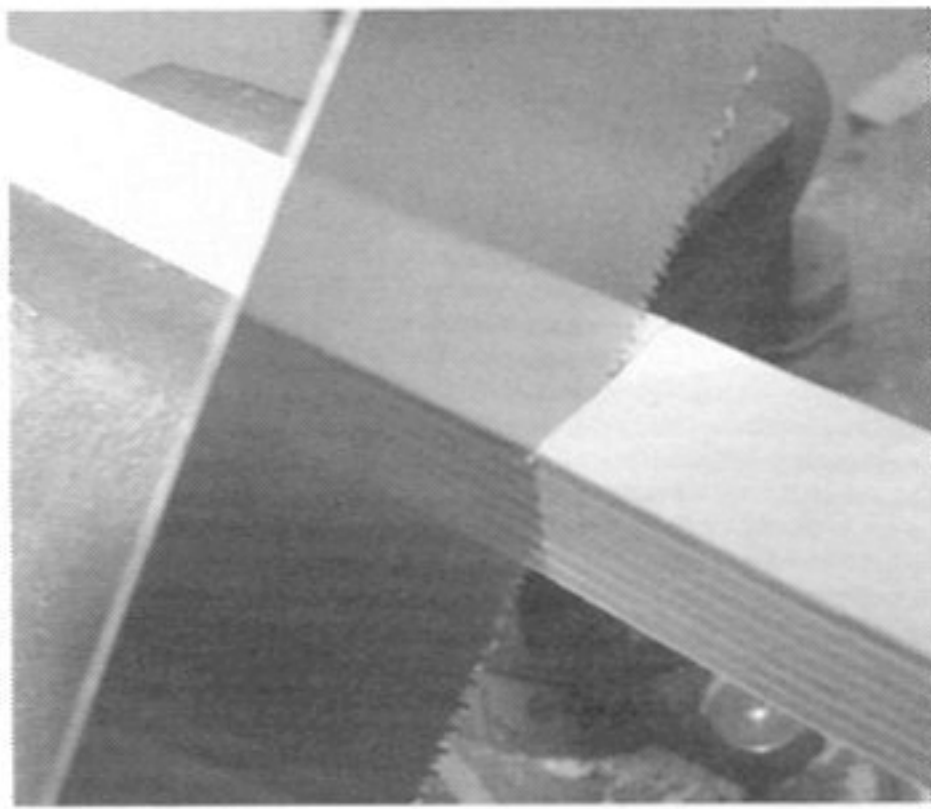
ベント本体には塩ビ管のVU45L（50）というエルボを使用しました。内径56mmで45°に曲がっています。外径は68mm弱あります。このエルボにVU50という管を接続します。いずれもホームセンターにあります。

このベントを取り付け板にはめ込んで接着し、フロントバッフル裏側にネジどめする構造です。穴あけ加工を外注する場合は、事前にベント材の実寸を測って確認したほうが無難です。

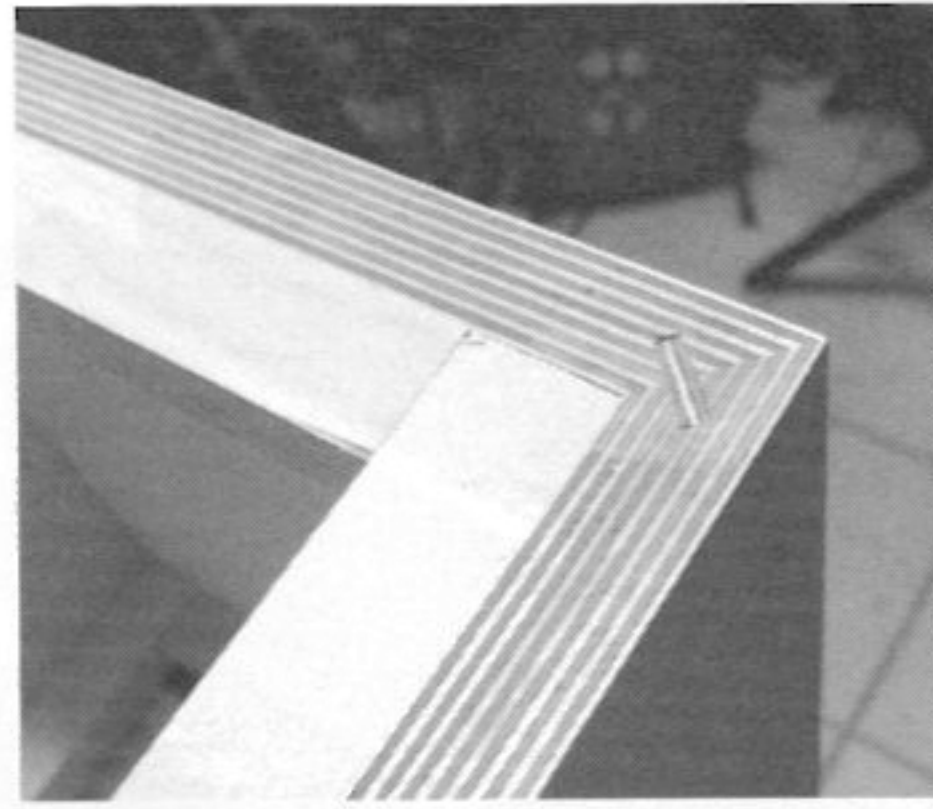
エンクロージャー組み立て

(1) 側板，天地板の組み立て

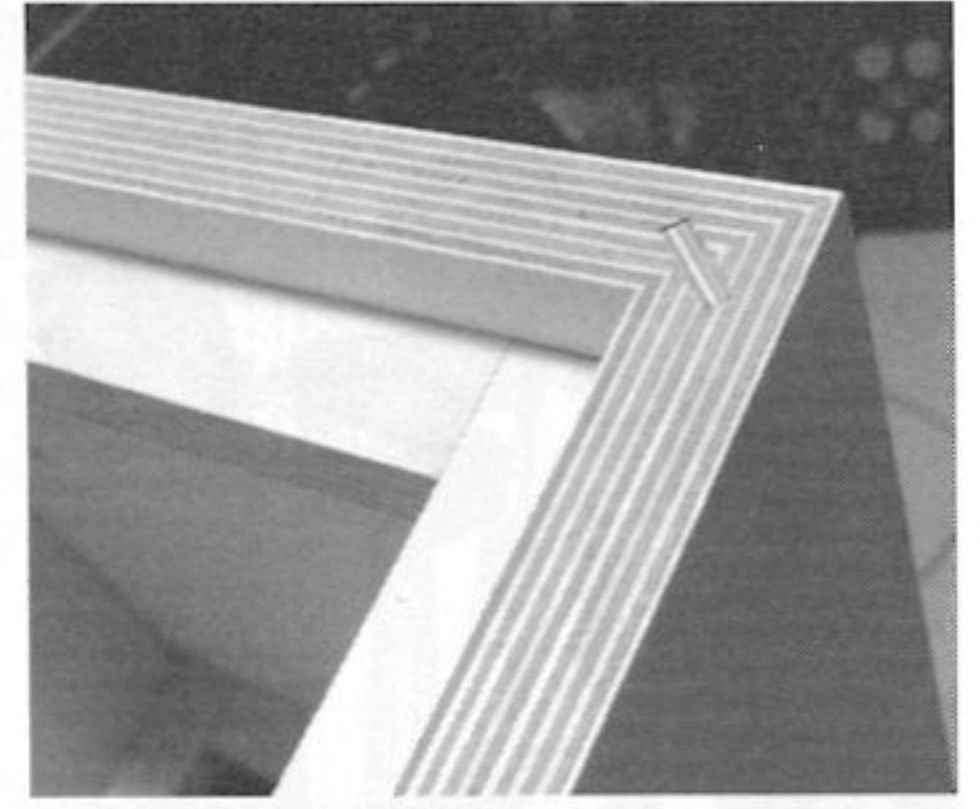
裁断図面とともに板材の注文をすると、写真4のように裁断済みの板がていねいに梱包されて送られてきます。開梱してエンクロージャー1台分の材料を並べると写真5となります。天地板と側板は45°接合で、接合面に共通の溝を掘り、ここに別材をはめ込んで固定します。この方法（雇いざね大留め接ぎ）は接合面がずれることがなく、組み立て作業も楽で、完成後の接合強度も強力ですが、業者によっては対応できないこともあります。その場合は、この加工は不要で、接着だけで十分な強度が得られます。



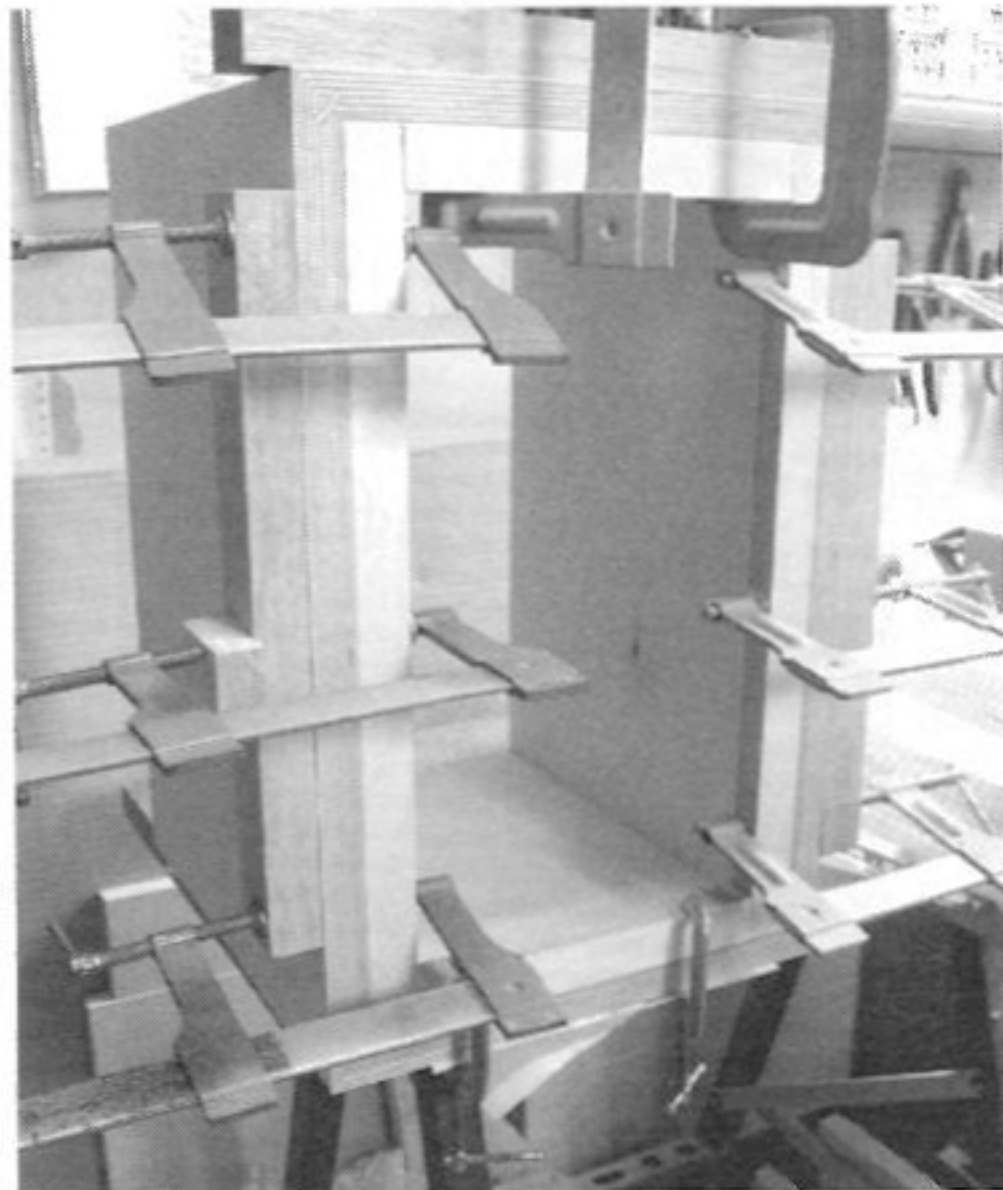
[写真8] 取り付け棧の切り出し



[写真10] フロントバッフル取り付け棧の位置



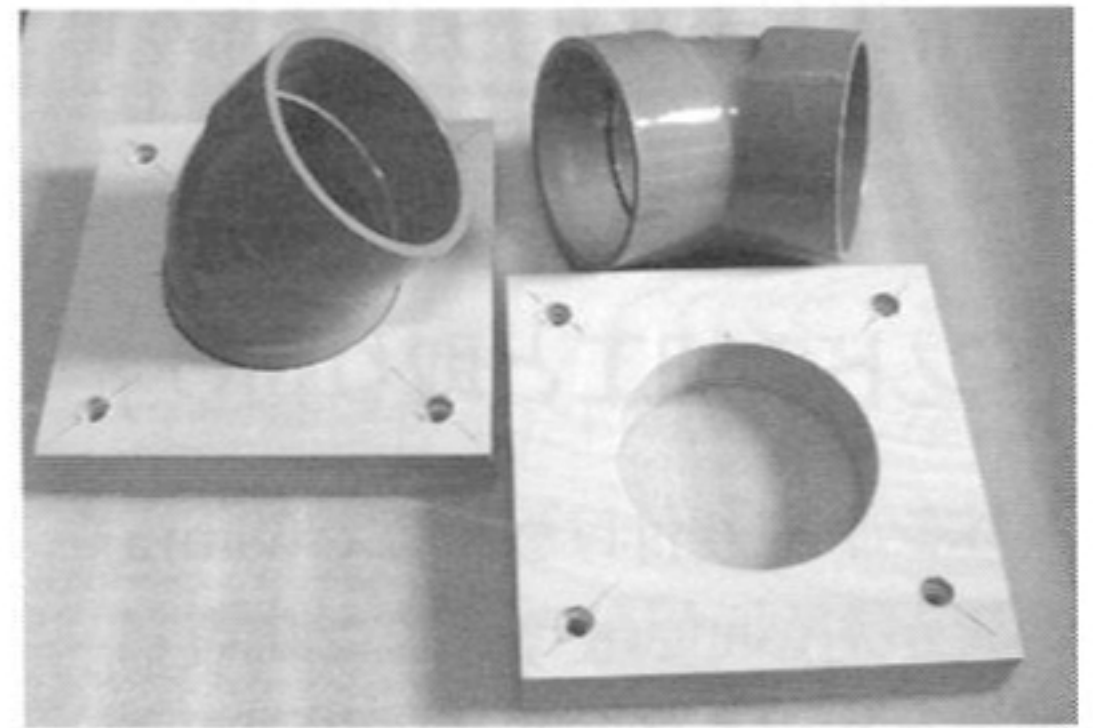
[写真11] リアバッフル取り付け棧の位置



[写真9] 取り付け棧の接着固定



[写真12] 額縁の取り付け



[写真13] ベントアッセンブリー

写真6のように4枚の板を4個のコーナークランプで直角に固定、反対側はハタガネで固定します(写真7)。固定の際はエンクロージャーの表面側に傷が付かないように板などを挟みます。

油分や接着剤が木肌の表面に付着すると、着色がムラになります。水で濡らした汚れのないウエスを用意し、接着面からはみ出た接着剤はすぐ拭き取ります。ホームセンターに売っている荷物固定用のゴムバンドでぐるぐる巻きにしても、しっかり仕上げることができます。要は接合面に圧力をかけ、しっかりと密着させることが肝要です。

(2) バッフル取り付け用棧の 取り付け

次に前後のバッフル取り付け棧を接着します。フロント固定型で

すが、後日の改造の余地を残すため、取り外せるようにネジ固定としました。

この考えに沿ってバッフル取り付け棧の位置を決定します。必要な長さを測り、取り付け棧の長さを揃えます。角棒の二面に「直角定規」で切断線を描いた上で、棒をバイスカクランプで作業台に固定し、手挽きノコを使っていねいに切ります(写真8)。長さを揃えた棧に接着剤を塗布し、クランプで挟んで固定します(写真9)。写真10はフロント側の、写真11はリア側の取り付け棧のようすを示します。

(3) 額縁の取り付け

次に額縁を取り付けます。額縁は正確に裁断してあるので、接着剤を塗布後、ハタガネで固定します。

接着剤を塗布した上から額縁を押さえつけると、額縁が少し滑って位置がずれてしまいがちです。

これを防止するためには、あらかじめ本体側の接着面に長さ15mmくらいの小さな細い釘を5mmほど打ち込みます。次にニッパーで出っ張っている部分をできるだけ短く切り取ると、結果的に1mmくらい釘の切り端が本体側からはみ出ます。この上から額縁を位置決めて押し付けたうえで、接着工程に進むと位置ずれがなく、正確に接着することができます。

写真12が「ハタガネ」を使った額縁接着工程です。これでフロントとリアバッフルが取り付けられるようになりました。フロント固定型の場合は額縁の棒の寸法が板厚である21mmより0.5mmほど太いほうがぴったりします。フロントを完全に固定にする場合は、フロントバッフルを固定後に額縁を取り付けたほうが、隙間なく組み立てることができます。

以上の接着工程終了後、乾燥のため一昼夜放置します。



【写真14】 フロントバッフルの仮固定と表面研磨用工具

ベントの加工と取り付け

ベント取り付け板にはφ68mmの穴があいています。ここに塩ビ製のエルボを通して接着します。接着剤はエポキシをしましたが、水道管や下水管用の塩ビ接着剤でもよいでしょう。

エポキシが硬化すると、ベントアッセンブリーが完成します（写真13）。黒のラッカーで内部をスプレーしておくと、完成した時の見栄えがよくなります。

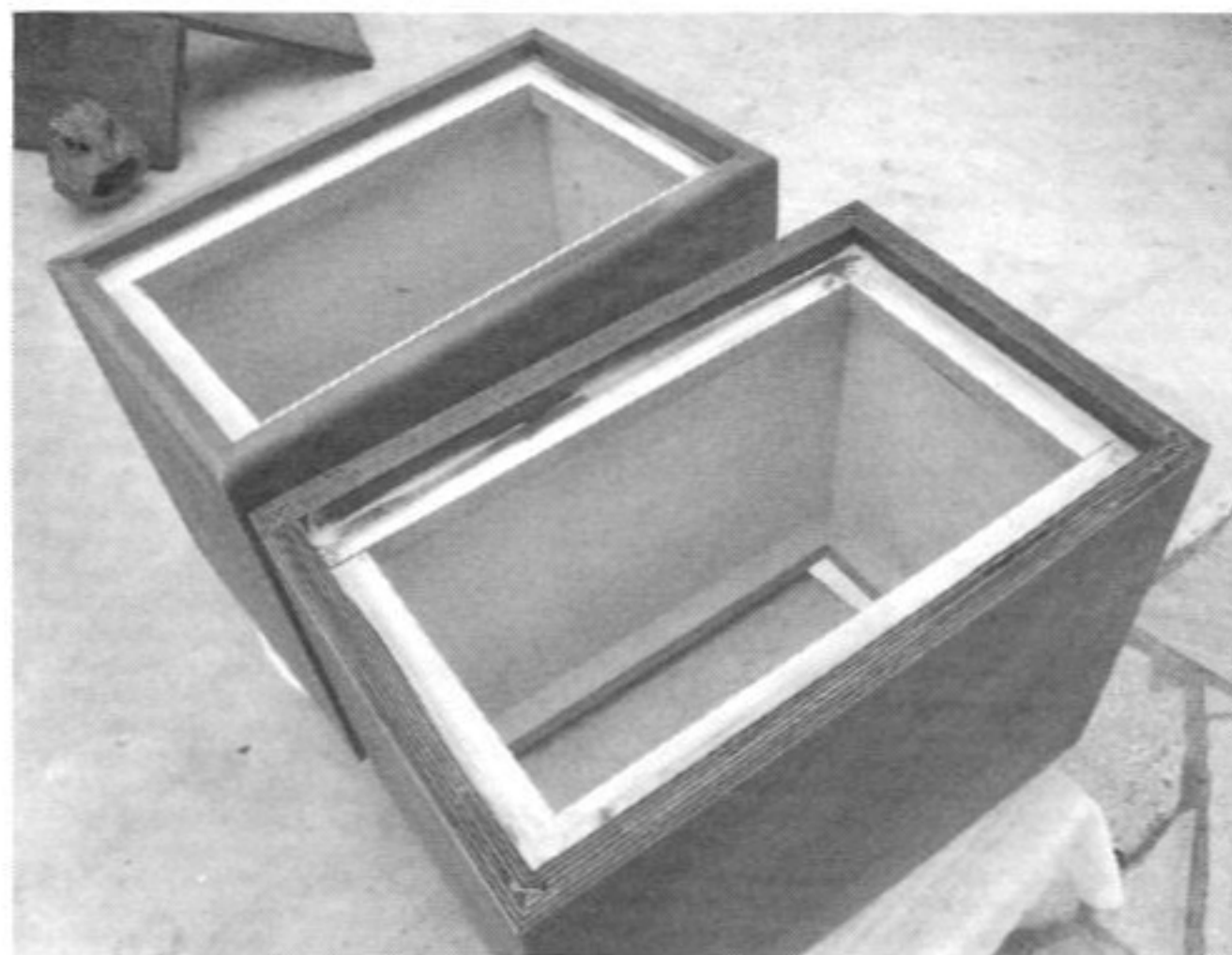
フロントバッフルにはベント用のφ60mmの穴があけてあります。ベント取り付け板の四隅に取り付け穴をあけます。フロントバッフル板の厚みが21mmなので10mmくらいねじ込むサイズのネジを用意しておきます。

最終組み立て工程

(1) バッフルの取り付け

バッフル取り付け用ネジ穴は、前方からネジ締めを行うか後方から行うかによって太さが異なりますが、ここではあらかじめ取り付け板にバカ穴をあけておきます。

板面からはみ出たバリはナイフなどで取り除きます。少しでも板の接合面に木屑があると、後でいくらネジを締めても密着しません。



【写真15】 外面に着色して表面につや消しウレタンニスを塗布

フロントバッフルを接着固定する場合は接着剤を塗布し、取り外しができるようにする場合はそのままフロントバッフルを前面からはめ込み、背面からネジで仮固定します。

(2) 仕上げ

額縁の化粧は好き好きですが、カンナを使って丸めることもできますし、好きなコンターに成形してもよいでしょう。彫刻刀で何かを彫っても面白いかもしれません。

丸める場合は少しずついねいに削ります。凸面はカンナが使えますが、ベント穴などは丸棒にサンドペーパーを巻いた治具や丸ノミで成形することができます。

次に、全面をサンドペーパーでよくこすります。このとき、写真14の左にある「サンドペーパー取り付け具」があると大変便利です。素手でサンドペーパーを使うと熱くなってやけどをすることがあります。

(3) 着色

次は着色工程ですが、木質によって仕上がり色が変わることがあるので、余った板片に事前に試し塗りをして色具合を確かめておく必要があります。

着色には水性着色剤と水で濡らした手ぬぐいなどを用意します。

仮固定したフロントバッフルを取り出します。布切れに着色剤を浸み込ませ手早く一面に塗ります。続いて塗りムラがなくなるように、濡れた手ぬぐいで力強く一様に面をこすります。

これらの作業では手が汚れるのでビニル手袋などを使うとよいでしょう。

こうしてすべての外面に着色を施します。

(4) 塗装

湿度の低い日なら半日もすると乾燥しますが、できれば丸1日放置します。

着色した上からクリアウレタンニスを塗布します。初回はニスが木部に浸み込なので、乾燥までは1週間から10日掛かります（写真15）。

完全に乾燥したら250番くらいのサンドペーパーで軽く表面のざらざらを取ります。着色層を取り除かないように十分に注意します。特にコーナー部は着色が落ちやすいので注意深く、素手で作業を行います。

その後、最終仕上げに、つや消しクリアウレタンニスを塗布します。乾いた日なら2～3日で乾燥します。場合によって3回塗りをしてもよいでしょう。写真16のように仕上がりました。

最後に、写真17のように内部と



【写真16】 組み立てが完了したエンクロージャー



【写真17】 ユニット、ベントの取り付けとグラスウールの貼り付け

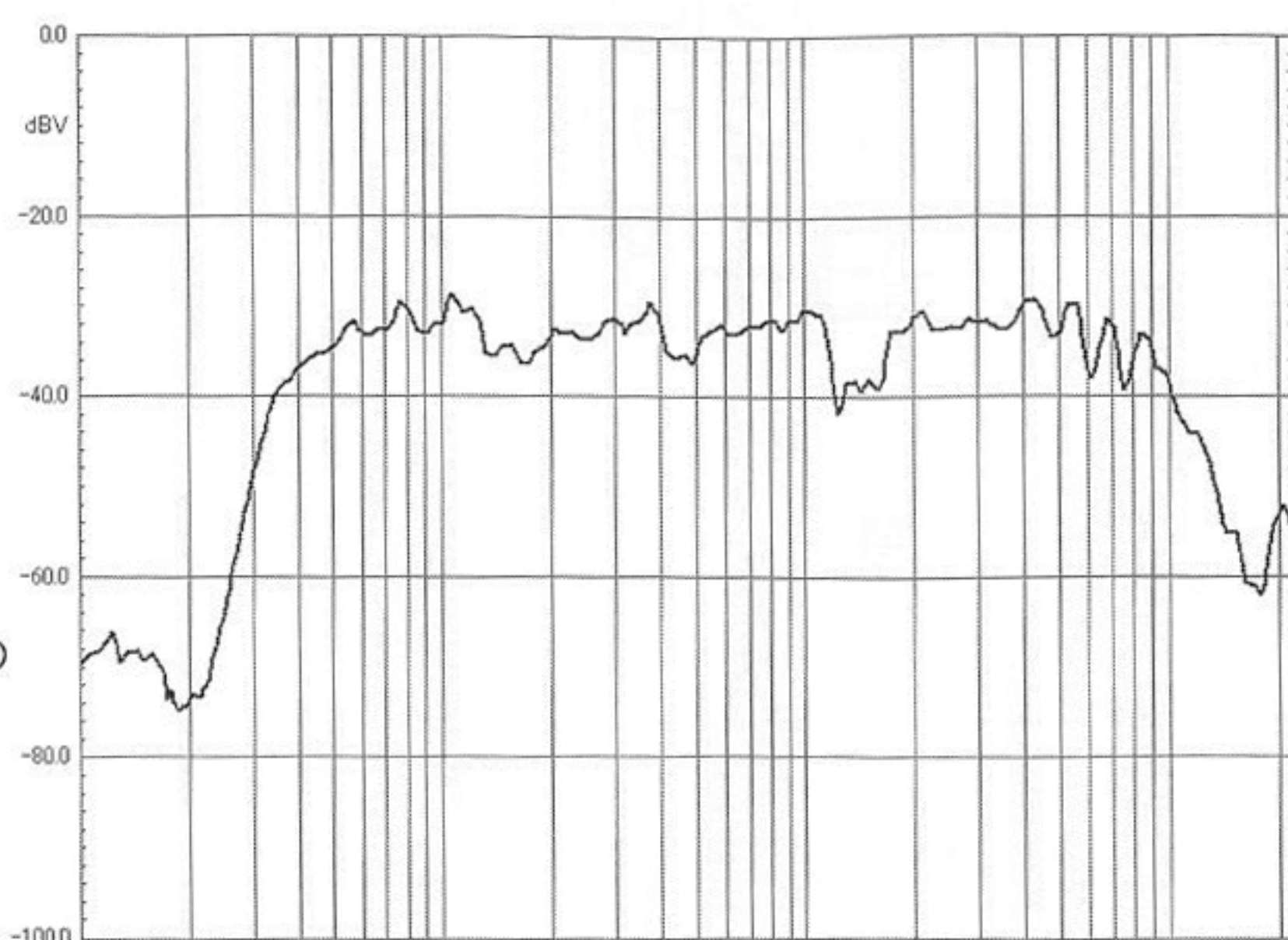
リア側にグラスウールを貼り、一応完成とします。

グラスウールは小分けされたものが断熱材としてホームセンターに売られています。貼り付け作業はビニル手袋をして行います。固定にはホチキスのようなステープルガンが便利です。内面に貼り付けると、それだけでも固定しますが、頭の大きな釘などで留めてあるほうが安定してよいでしょう。

ウーファーのみの測定結果

この時点での周波数特性を図6に示しておきます。受け持ち領域においてフラットな音圧特性を示

【図6】 調整前の周波数特性



しており、素性のよいドライバーとうまくマッチしたエンクロージャーの組み合わせであることが窺えます。懸案の低域の肩特性もしっかりと伸びていて満足できます。高域は8kHz近辺から落ち始めていますが、これ以上の帯域はセットに含まれるトゥイーターDLX-F30Tにバトンタッチすることとなります。

製作のバリエーション

このエンクロージャーは裁断加工をすべてテツヤジャパンに依頼しましたが、これも含め、いろいろなバリエーションが考えられるので、いくつかを紹介しておきます。

- ①天地板と側板を45°接合にしましたが、直角接合のほうが費用と作業の節約ができます。この場合、木口の処理に工夫を要しますが、いっそ処理はせずに積層板の木口をそのまま楽しむのもよいでしょう。接合はできれば木ダボまたは雇いざねが望まれます。
- ②フロントバッフルの取り付け位置を額縁と面一にして、音響的にもデザインの的にもすっきりさせましたが、少しバッフルを落とし込んでネットを貼ることも

できます。

- ③額縁は体裁だけなので、なくてもかまいません。そのときは天地板と側板の積層面が見えるので、黒塗装するとよいでしょう。
- ④ベント形状は曲がった円筒にしましたが、同じ断面積であれば長方形でも大きく特性が変わることはありません。そのときのベント長は、フロントの板厚も含め8cmとすればよいでしょう。
- ⑤フロントバッフルを半固定としました。リアを接着固定にしてフロントを前方からネジで取り外しできるようにすると、将来フロントバッフルを交換することで別のドライバーを取り付けることもできます。そのときは長さ60mmのM5の化粧ネジと、爪付きナットを使うのがよいでしょう。
- ⑥ベントはフロントに配置しましたが、フロントのデザインをすっきりさせるのであれば、リア側に持ってきてよいでしょう。この場合、ベントが短いのでドライバー後方でよいと思います。

なお、今回のエンクロージャーのシミュレーションには Win Speakerz、測定にはCLIOを使用しました。