

Fig.16 角パツフルとRパツフルの周波数特性

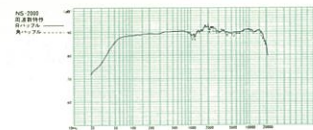


Fig.17 角パツフルとRパツフルの指向特性

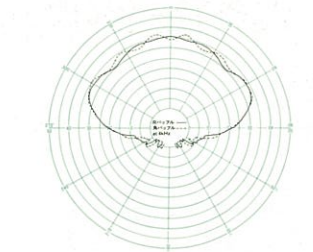


Fig.18 インラインセンター配置



この大型なもので、全面に25mm厚の高密度パーテクルボード、そしてラウンドパツフル周辺には高価なブナのムク材を採用しており、補強材、隅木の大量使用とも相まって非常に強度のすぐれたエンクロージャとなっています。とくに今回はモーダル解析を用いて、エンクロージャ各部分の強度バランスをベストチューニングの状態に追い込んでいます。ヤマハではモーダル解析は利用しつつも、

Fig.19 モーダル解析 バランスの良い振動モードの例

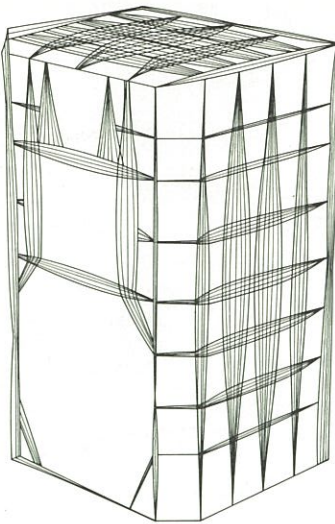
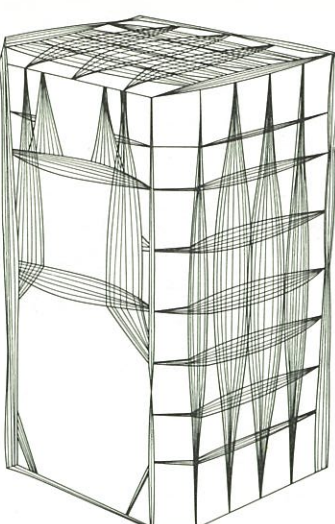


Fig.20 バランスの悪い振動モードの例



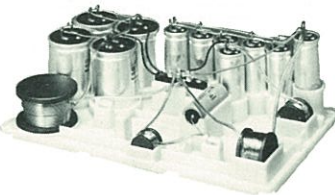
常に音楽再生時にどんな接合構造が補強方法が、板厚がベストであるかということ聴感で判定しつつ、最良の設計値を獲得しております。もちろん、そのためには高度なヤマハ木工技術というバックボーンが必要であったことはいうまでもありません。そして、ユニットを装着したトータル重量では47kgと破格のヘビーウェイトなこのエンクロージャは美しいアメリカンウォルナットのオープンボア仕上げかなされ、落ちついた格調の高いものとなっています。

●ネットワーク●

ネットワークの構成と定数決定には電気特性のチェックとともに最終的にはシビアなヒアリングによるカット&トライによって決定されています。特にNS-2000では大型フェアライトコアと無酸素銅線を使用したインダクタとオールMPコンデンサという贅沢な構成をとっており、コイル同士は互いの影響をなくすよう直角にしかも十分な距離を保って配置されています。また、内部配線もすべて無酸素銅線を使用しており、それら線材自身は一本一本融着

処理して鳴きを止めたものを使用しています。こういった細かな配慮により低歪率で情報損失の少ないネットワークになっています。

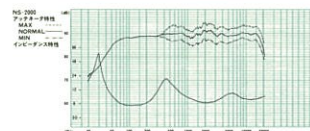
Fig.21 ネットワーク



●レベルコントロール●

スコカとツイータには連続可変タイプのレベルコントロールが装備されています。採用されているアッテネータは許容入力に充分に大きく音質の劣化の少ない精密なものです。可変範囲はスコカが+3dB〜∞、ツイータが+2dB〜∞です。

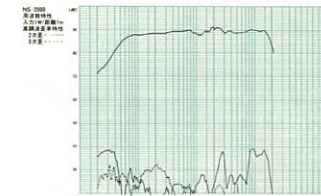
Fig.22 アッテネータ特性・インピーダンス特性



●諸特性●

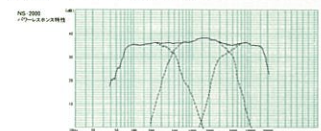
ビュアカーボンファイバーならではの、肌によやく感じるほどの重低音からフラットな周波数特性と無視できるほどに低い歪レベルを持つスコカとツイータにより、システムトータルとして全帯域にわたり見事な特性を示しています (Fig.23)。

Fig.23 システム高調波歪特性



また、スピーカの真正面で測定される周波数特性や能率などに加えて、残響室で四方八方に放射される全エネルギーを表わしたパワーレスポンス特性も見事にフラットで、全周波数帯域にわたって均一なエネルギーが放射されていることがわかります (Fig.24)。

Fig.24 パワーレスポンス特性



さらに、特に指向性が問題になる中高域において、ドームの形状を工夫したことや、ツイータやスコカにアコースティックディフューザを装着したことにより、60°特性においても充分にフラットであり、特にリスニングポジションを選びません (Fig.25、26)。

Fig.25 周波数特性・指向特性

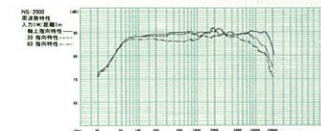
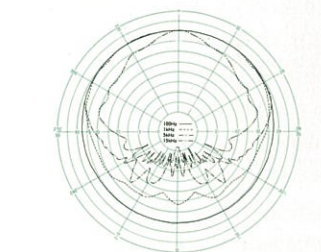


Fig.26 指向特性



NS-2000の主な規格

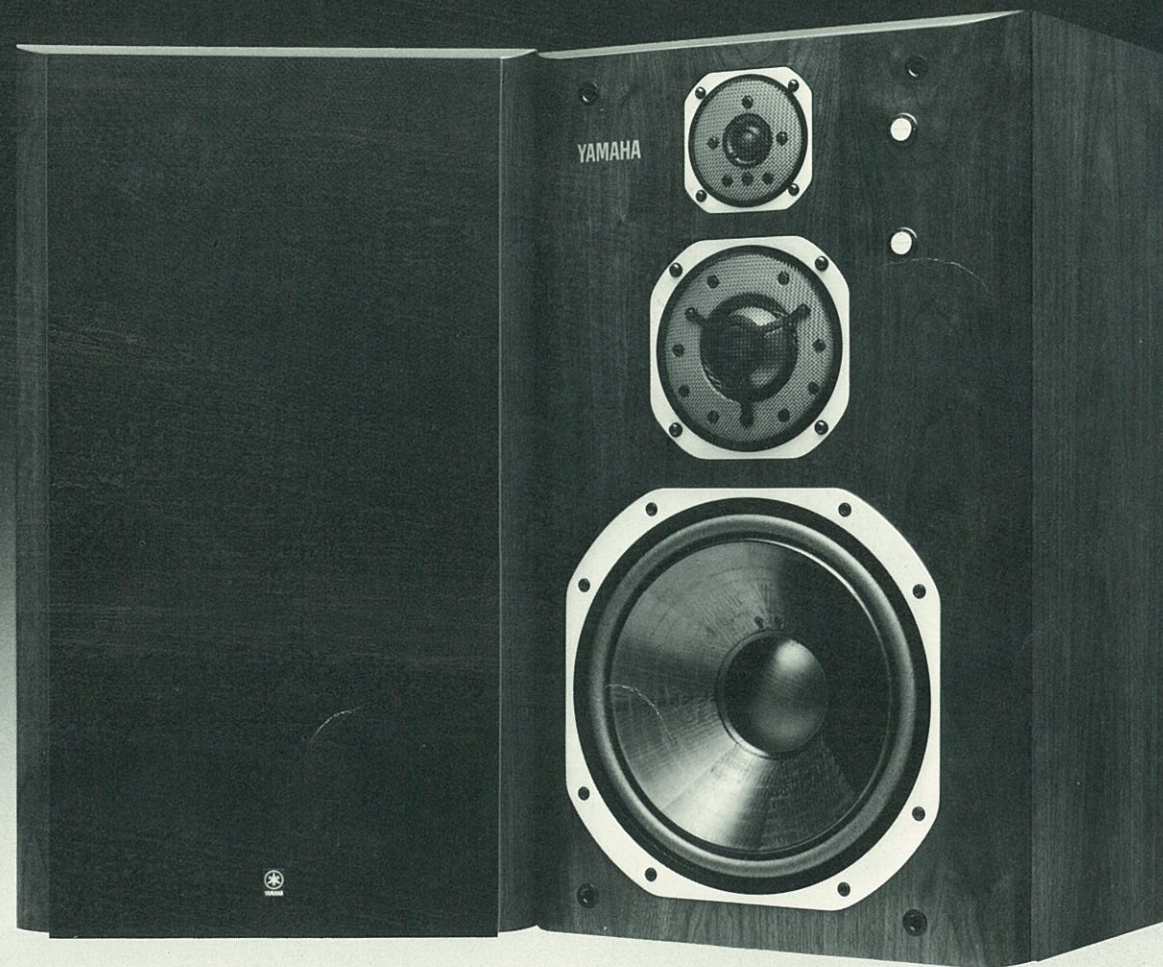
型式	完全密閉型3ウェイ	再生周波数帯域	28~20,000Hz
使用ユニット	ウーファ: 33cmカーボンダイヤフラム・コーン型 スコカ: 8.8cmベリリウムダイヤフラム・ドーム型 ツイータ: 3cmベリリウムダイヤフラム・ドーム型	クロスオーバー周波数	500Hz、6kHz(-12dB/oct)
許容入力	125W	レベルコントロール	中音: +3dB〜∞、高音: +2dB〜∞
ミュージック許容入力	250W	エンクロージャ	完全密閉型、ラウンドパツフルタイプ
インピーダンス	6Ω	ボックス内容積	80ℓ
出力音圧レベル	90dB/1m・1W	外装	アメリカンウォルナット、オープンボア仕上げ
最低共振周波数	33Hz	外形寸法	752H×440W×404D・mm(サラン付)
		重量	47kg

スピーカシステム  
NS-2000 ¥228,000

●規格及び外観は改良のため予告なく変更されることがあります。●ステレオの補修用性能部品の最低保有期間は製造打ち切り後8年です。●保証書を添付しております。保証書はお買い上げ販売店で所定の事項を記入されたものをお受け取り下さい。●掲載商品について、くわしいことは、販売店でおたずね下さい。もし販売店でお分りにならない時は当社におたずね下さい。

**YAMAHA**  
日本楽器製造株式会社  
本社 〒430 浜松市中沢町10-1  
カタログに関するお問合せは  
日本楽器製造株式会社 広告課  
〒104 東京都中央区銀座7-9-18

YAMAHA NATURAL SOUND SPEAKER  
NS-2000  
¥228,000



# ピュア・カーボン・ファイバーの新型ウーファをはじめ 無数の新技術が一つのシステムとして融解結晶して どうしようもなく音楽的で人間的に完熟した感動の音

音楽芸術と深くかかわるオーディオにあっては技術一辺倒の製品作りがいかにも虚しいものであるかは今までに繰り返し言われ続けて来たことです。原理的に当初より高い完成度を持つスピーカーでは、とくにそうです。欧米に多くの銘器が存在する理由がそれです：NS-2000は現代の最先端であるスピーカ技術の凝集を背景に、再生芸術として音楽的にいかに完熟して感動的な音を生み出せるかということに最大の努力を傾けたスピーカ：姉妹機NS-1000(M)が厳密でしかも透明な音楽再生であるなら、NS-2000は精密で豊かな音楽再現である、といえるでしょうか。音そのものよりも音楽そのもの、いや音楽の生まれた精神風土までも彷彿させるような豊穡な音楽性が、感性が、そこにあります：ウーファ用素材として理想に近いピュアカーボンファイバー・コーンの開発、という技術面でのひとつのエポックとともに欧米の銘器に比肩し得る音楽性を日本のスピーカとして初めて実現したというエポックをもNS-2000が生み出しているといっても過言ではありません。いや、それ以上に私達は欧米の銘器をすら超えたと自負しています：とにかく一聴を、という他はありません

## ● 新開発ピュアカーボンファイバーコーン・ウーファ ●

ヤマハでは、すでにNS-690IIIなどで従来のコーン紙を進歩させたものとしてピュアスプルーコーンを採用していますが、今回NS-2000を開発するにあたり、ヤマハにとっては初めて「紙」を使用しないコーン、ピュアカーボンファイバーコーンを新開発しています。

すでに広く知られている通り、カーボンファイバーは弾性率、比弾性率(弾性率/密度)や引張・圧縮強度が大きく、したがってスピーカへの応用も比較的早くから検討されて来ました。しかしウーファ用コーン紙としてカーボンが使われたいくつかの例を見ても、カーボンを極めて短かな繊維か粉末状にして使用したにすぎなく、それもバルブに混合(含有率10~20%程度)して使われる程度であり劇的な効果を望むべくもありませんでした。

ヤマハではカーボンファイバーの特性を生かすべく、カーボンファイバーを長い繊維状のままコーン型に加工することに成功、

ウーファ用コーンとしては全く新しい特性を持つピュアな(マトリクスとしての樹脂は除く)カーボンコーンとしています。参考までにFig.11に各種素材の物性値を示します。

▶カーボンファイバーの特性を100%生かす具体的な設計にあたっては、

- ① 繊維方向の比弾性率および引張・圧縮強度を可能な限り生かす
- ② 繊維と直角方向の剛性を確保する

この2点を主な目標として、これらを満足させるべく開発を行なっています。

つまり①に対しては、

- ウーファを扇形に8等分した形状のカーボン繊維一方配列シートを放射状になるように並べ、特殊樹脂をマトリクスに使用して成形する
- 振動板の形としてはストレートコニカルタイプとし、繊維方向の引張り・圧縮強度を生かすとともに、ウーファ全体の剛性を強化する

といったことに対応し、また②に関しては

- 振動板外周に折曲げ部を、又、コーンの裏側にリブを設け、円周方向、つまり繊維と直角方向の剛性を充分強固なものとする
- これらのことよって33cm口径のコーンが特性的にはピュアベリリウムに次ぐハイスピード応答を示し、ツイータ、スコカとの音質バランスも申し分のない、情報量、分解能、そして大入力時のリニアリティに優れたウーファとしています。

Fig.1 各種素材の物性値

	CFRP*	ベリリウム	チタン	アルミ
密度(kg/m <sup>3</sup> )	1.55×10 <sup>3</sup>	1.84×10 <sup>3</sup>	4.54×10 <sup>3</sup>	2.69×10 <sup>3</sup>
弾性率(N/m <sup>2</sup> )	13×10 <sup>10</sup>	28×10 <sup>6</sup>	11×10 <sup>10</sup>	7.1×10 <sup>10</sup>
比弾性率(m <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup> )	84×10 <sup>6</sup>	152×10 <sup>6</sup>	24×10 <sup>6</sup>	26×10 <sup>6</sup>
音速(m/sec)	9.2×10 <sup>3</sup>	12.3×10 <sup>3</sup>	4.9×10 <sup>3</sup>	5.2×10 <sup>3</sup>

\*ピュアカーボンファイバー用のカーボンファイバーシート

Fig.3 ウーファ断面図

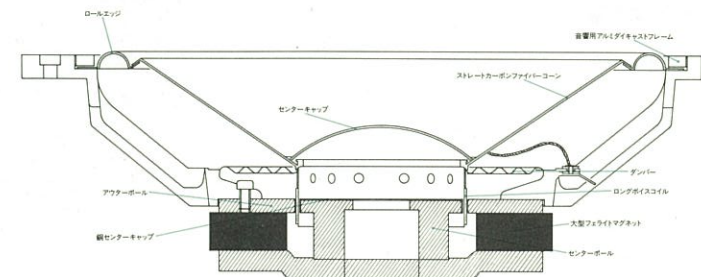
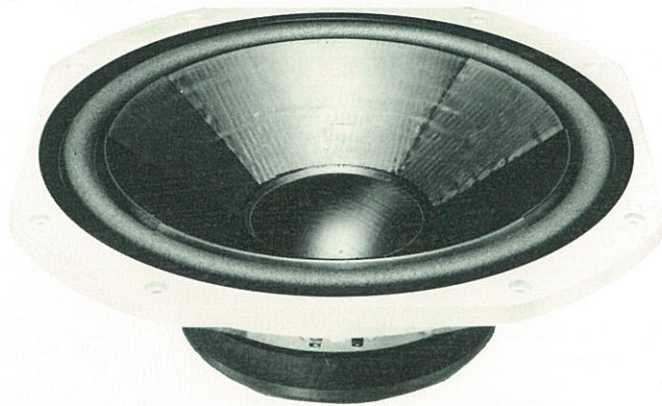


Fig.2 33cmコーン型ウーファ(JA-3301)



また、従来の紙コーンウーファと異なる点で特筆すべきは、その物理特性以上に、その人間的な温かみのある音質といえるでしょう。これはもう聴いていただくほかはないレベルの問題になりますが、単なる量感以上である、その余計な緊張感のない自然な上にもナチュラルな、それでいて力感溢れる重低音をひとつたび聴いたなら、今までのウーファがいかにも素材のクセの出た、作られた低音であったかを思い知るに違いありません。もちろんセンターキャップもピュアカーボンです。

▶新設計低歪磁気回路を採用  
リニアリティに格段の進歩を見せたピュアカーボンファイバーコーンにふさわしい磁気回路を、とNS-2000ではウーファの磁気回路系の見直しを行なっています。

具体的には、有限要素法を用いて磁束分

布を計算し、ボイスコイルに働く駆動力の歪成分が極少となる設計としました。つまり、マグネットの作る静的な磁束分布とボイスコイル電流が作る動的な磁束分布からボイスコイルの駆動力の歪成分の推定が可能であり、それらをシュミレーションして最も歪の少ない設計を行なうわけですが、特にボイスコイル電流による動的磁束分布は、ポールピースの形状や銅キャップの形状等により大きく変動を示しており、今回の開発での重要なポイントとなっています。

マグネットは180φ-100φ-20tという強力な大型フェライトマグネットを使用し、磁束密度11,350gauss、総磁束220,000maxwellという数値を示しています。ボイスコイルには無酸素銅線を使用、88φの大口径、エッジワイズ巻きのロングボイスコイルです。また、エッジは経年変化と気密性に優れた発泡ウレタンのロールエッジで、大振幅にも特性の変化がほとんどありません。また振動系をささえるダンパーも材質や含浸

Fig.4 ウーファ高調波歪特性

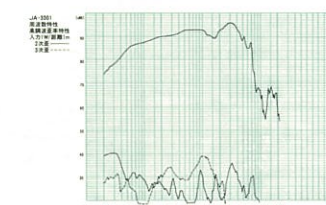
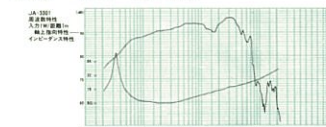


Fig.5 インピーダンス特性



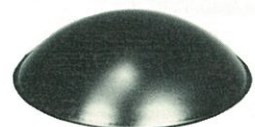
材に充分検討を加えられたものであり、大入力から微小入力まで非常にリニアリティに優れています。また、フレームは音響的に優れた特殊アルミ合金を使用、それも充分な肉厚をとった強度の高い、ウーファのフレーム用として最適な構造をとっています。

## ● ピュアベリリウムドーム・スコカ ●

ヤマハのNS-1000M以来、ハード系振動板の最高の素材としているピュアベリリウムをNS-2000においても採用しています。Fig.1からもわかるように、ベリリウムは密度が1.84とアルミニウムの%、チタンの%と非常に小さく、しかも弾性係数がアルミの4倍、チタンの2.5倍、剛性は金属中最大です。また音の伝播速度についてもチタンやアルミの2倍以上、という非常に速さで、まさにオーディオの貴金属と呼べるものです。

しかし、ベリリウムは成形性に問題がありまた化学的に活性であるため腐蝕しやすいなど、実用化は非常に困難でした。しかしヤマハではLSI製造技術に用いられている電子ビーム真空蒸着法を応用した全

Fig.6 ピュアベリリウムドーム振動板

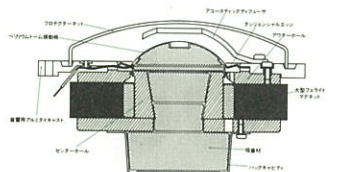


く新しい独自のシステムでピュアベリリウム振動板を実用化しています。特に今回のNS-2000では従来のベリリウムよりもさらに粒子の細かなものによる振動板の製造に成功しており、同じピュアベリリウムユニットでありながらNS-1000Mなどとまた違った音楽性を持つ、きめ細かな表現力と広大なダイナミックレンジを両立させたユニットになっています。このスコカではヤマハ真空蒸着法の利点を活用した大口径(66.6mm)でしかも曲率半径の小さな(つまり深いドーム状の)ピュアベリリウム振動板としており、指向特性を向上させています。

Fig.7 8.8cmドーム型スコカ(JA-0802A)



Fig.8 スコカ断面図



▶リニアリティに優れたタンデムエッジ この高性能な振動板と、耐久性の高いクラフト紙のボビンに占積率の高い無酸素銅リボン線を強固にエッジワイズ巻きしたボイスコイルからなる振動系は、粘弾性樹脂と熱硬化性樹脂を二重にコーティングしてリニアリティを高めた特殊繊維のタンジェンシャルエッジでサポート。優れたベリリウム振動板の特長を損うことなく充分な形状保持とセンター保持能力を実現しています。▶オリジナル・アコースティックディフューザ ピュアベリリウム振動板は前述の通り曲率半径の小さいドーム型を採用しています。このため帯域外の軸上特性に起こる干渉による谷を、ディフューザを採用することにより抑えるとともに、高域のパワーレスポンスを伸ばし、ツイータとクロスオーバー周波数付近のつながりを改善しています。

▶ヤマハならではの豪華で強力な磁気回路 この優れた振動系をハイトランジェントに駆動する磁気回路は156φ-80φ-25mmと極めて大型な高性能フェライトマグネットを採用しており磁束密度18,400gauss 総磁束150,000maxwellを得ています。周波数特性的には300~10,000Hzと大変広く、またfoは320Hzと低くとれていますのでウーファとのつながりが非常にスムーズなものとなっています。また指向特性も大変広く、リスニングポジションが自由です。またFig.9からもわかる通り、特に耳障りな歪成分である3次高調波歪成分も極小に抑え込まれています。

Fig.9 スコカ高調波歪特性

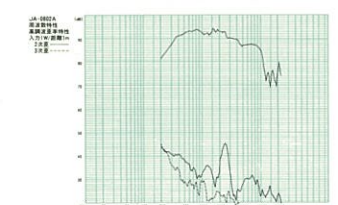
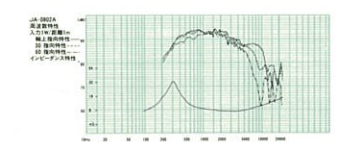


Fig.10 スコカ指向・インピーダンス特性



## ● ピュアベリリウムドーム・ツイータ ●

NS-2000のツイータでは高剛性のピュアベリリウム振動板を口径23mm、重さ0.028gという小型・軽量なものとし、極めて強力な高性能マグネットによる磁気回路と相まって可聴帯域外まで余裕を持って再生します。ボビンは耐久性に優れた特殊クラフト紙で、軽量の高純度銅クラッドアルミリボン線を強固にエッジワイズ巻にして剛性を高め、スコカ同様、粘弾性樹脂と熱硬化性樹脂を二重コーティングした特殊繊維のタンジェンシャルエッジでサポートしています。また、振動板背後の空間のセンターポールをテーマー化して、隙間には吸音材を充填

Fig.11 3cmドーム型ツイータ(JA-0526A)



Fig.12 ツイータ断面図

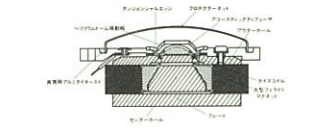


Fig.13 ツイータ高調波歪特性

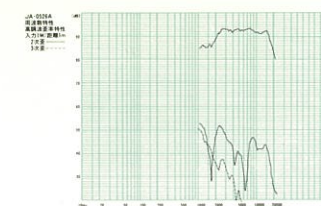
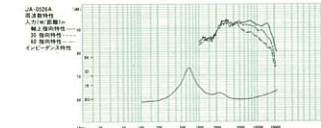


Fig.14 ツイータ指向・インピーダンス特性



し、共振による音への悪影響を最少にしています。

## ▶有害な3次高調波歪が極少

ツイータの磁気回路は100φ-50φ-22mmの高性能大型フェライトマグネットを採用して磁束密度18,800gauss、総磁束34,000maxwellと非常に強力なものとなっています。再生周波数帯域は2k~20kHzと広大で、その中でも特に3次高調波歪成分の少ない6kHz以上で使用しています。また振動板の前面には高域の周波数特性と指向性を改善するアコースティックディフューザを装着しており、広い範囲にわたって超高域までの再生を実現しています。このようにNS-2000ではベリリウムの最大の特質を生かした高剛性で軽量な振動系、そして強力な磁気回路による見事にハイトランジェントな高域再生を実現しています。

## ● 新設計ラウンドバツフル ●

NS-2000では新たにスピーカユニットの配置を垂直一列(インライン)にバツフル面のセンターに配置しています。これは水平面内の指向性パターンを左右等しくするためのもので、適確な音像定位を生み出しています。

しかし、単にユニットをインラインセンター配置にただけではバツフル端での反射波の影響が正面軸上で強くなり、周波数特性の乱れが大きく出て来ます。そこでNS-2000ではバツフルの左右端を曲面で仕上げることで、その反射波を小さくしています。このためFig.17、18でわかる様に、角バツフルに比べ、NS-2000のラウンドバツフルのエンクロージャは、周波数特性の平坦さと指向性パターンの均一さで優れたものになっています。

## ● エンクロージャ ●

完全密閉型のエンクロージャは内容積80

Fig.15 NS-2000カットモデル

