

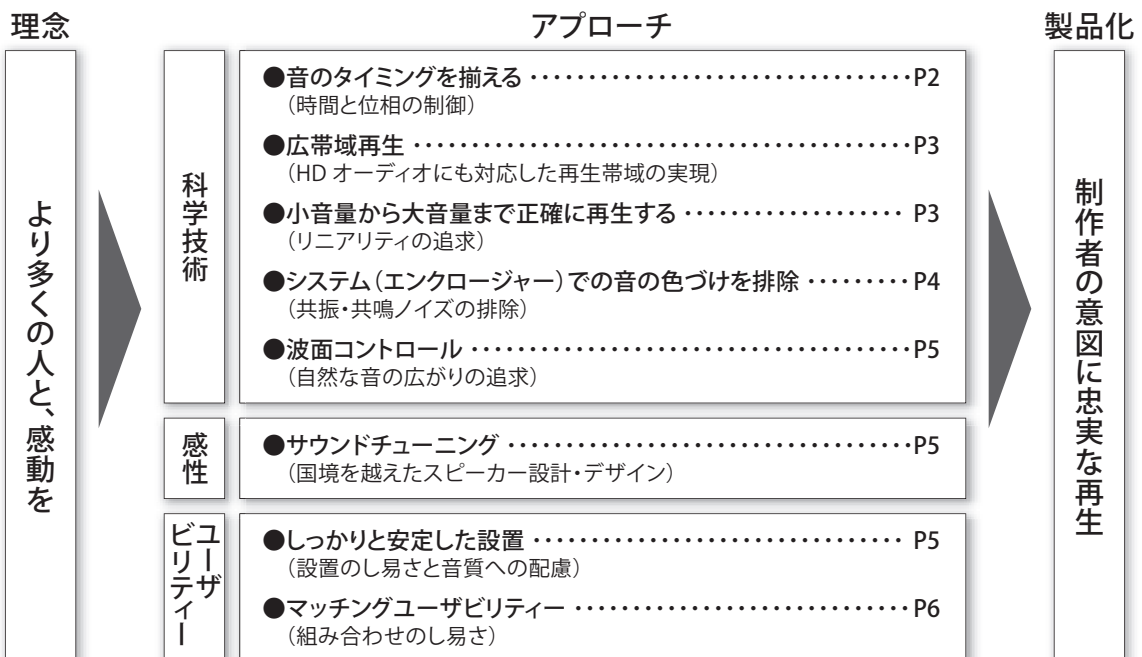
# Pioneer

## SPEAKER SYSTEM TECHNOLOGY FILE

### その想いと技術が目指してきたものは、「制作者の意図に忠実な再生」。

「より多くの人と、感動を」。パイオニアというブランドの原点は、創業者 松本 望が体験した「素晴らしい音への感動とその憧れを、ひとりでも多くの人へ届けたい」というオーディオへの熱い想いです。以来、その思想とテクノロジーが目指してきたものは、コンテンツに込められたすべての情報を正確に引き出すこと、つまり「制作者の意図に忠実な再生」の実現。DVD-AUDIO、SACD、ブルーレイディスクなど高品位なフォーマットが主流となった現在。求められているのは、まさにパイオニアが目指してきたテクノロジーの領域です。TADのコンシューマーモデルの開発で培った「音場と映像の高次元での融合」をサウンドコンセプトに、国境を越えたエンジニアたちの叡智と感性を結集し、開発された技術の数々。その歴史に裏づけされたパイオニアのスピーカーテクノロジーは世界標準の技術として今、多くの国々で認められています。

### パイオニアスピーカーテクノロジーの思想体系



## 音のタイミングを揃える

## 時間と位相の制御

音場と音像の高次元での融合を実現した  
CST (Coherent Source Transducer) ドライバー

S-1EX S-2EX S-7EX S-3EX S-4EX S-8EX

実際のリスニング環境においては、直接音だけでなく、反射音や残響音も音の印象に大きく影響しています。そのため、たとえスピーカーの軸上の1点で周波数特性をフラットにしても、その他の方向でピークディップを持つと、部屋の違いによって音のバランスが変わってしまうだけでなく、音場と音像までもが正しく再現されません。さまざまなリスニングルームにおいてソフト制作者の意図を正確に表現するためには、軸上以外のスムーズな音の放射を考える必要があります。

右の図1で示すように、一般的なマルチWay方式(図1の1)では、前方の軸上での特性はフラットでも、軸を外れると各ユニットまでの距離が変化し特性に乱れが生じます。これに対しコアキシャル型(図1の2)ではユニットが同軸にあるため特性の乱れが改善されます。CSTドライバー(図1の3)では、さらに音源位置を正確に揃え、ツイーターとミッドレンジの位相の同一化を可能にしました。また、ミッドレンジコーンの形状をツイーターからの音をきれいに導くように設計しており、指向性の一致を可能にしています。これらにより、CSTドライバーは広帯域にわたり非常に滑らかな指向特性を獲得。音場の拡がりや音像の定位を高次元で融合することを実現しています。パイオニアのスピーカーシステムに搭載された同軸ドライバーは、すべてのユニット開発においてEXシリーズに搭載されたCSTドライバーの設計思想が受け継がれています。

時間と位相を管理することにより、高音質化を実現。  
パイオニア独自のフェイズコントロール設計

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3 S-LX Series

フェイズコントロール設計はスピーカー、アンプ、そしてソフトに至るまで時間と位相を管理することにより、マルチチャンネル再生時の飛躍的な高音質化を実現するパイオニアのオリジナル技術コンセプトです。マルチWayスピーカーにおいては、各ユニットをすべて正相でつなぐことで、構成の異なるスピーカーを使用した際も、位相特性のマッチングが図られ、音場と音質の再現性を高めています。また、AVアンプで正確に位相をコントロールするため、サブウーファーにはローパスフィルター(LPF)のバイパス機能を設けています。付加的なフィルターによる位相ズレを排除し、低音の質感の向上と空間表現力の高いマルチチャンネル再生を可能にします。

図1 スピーカー特性の比較

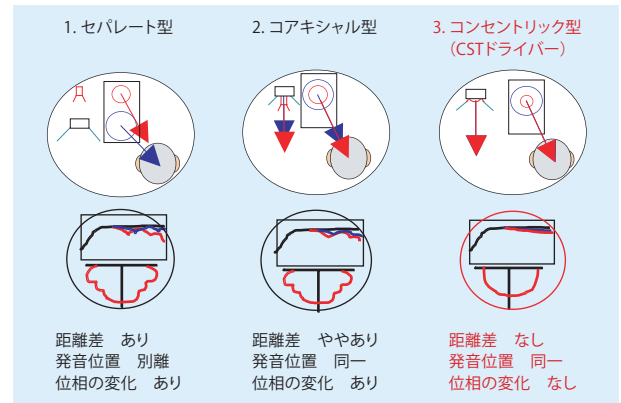


図2 CSTドライバーの構造

球体の曲面に合わせた画期的なユニット位置。  
パーフェクトタイムアライメントデザイン

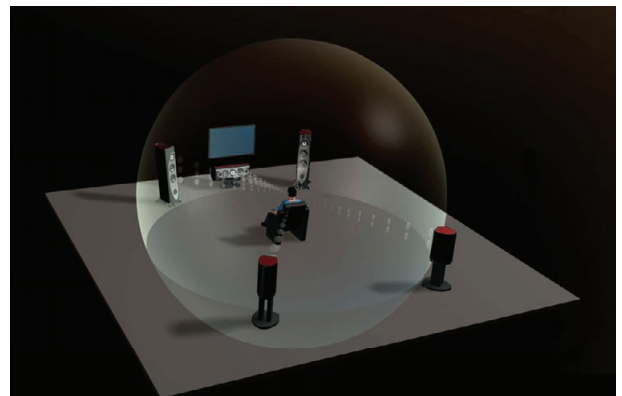
S-1EX S-2EX S-7EX S-3EX S-4EX S-8EX

精密な曲面形状(プレジジョンカーブ)のバッフルとエンクロージャーを後方に傾斜させたスラント構造とすることで、球体の曲面に沿ったユニット配置を実現。音源からリスニングポイントまでの距離をすべて等しくすることを可能にしています。



図3 プレジジョンカーブ

図4 パーフェクトタイムアライメントデザインによる音場イメージ



## 広帯域再生

### HDオーディオにも対応した再生帯域の実現

#### 軽量かつ剛性の高い物理特性を持つ中高域用振動板

S-1EX S-2EX S-7EX S-3EX S-4EX S-8EX

パイオニアは、広い帯域にわたる正確なピストンモーションを可能にする振動板材料を開発し、製品に採用してきました。そのひとつであるベリリウム振動板(S-1EX、S-2EX、S-7EX)には、素材の優れたポテンシャルを最大限に引き出すため真空蒸着法という独自の製法を開発。蒸着法による粒子の結合状態が高い内部損失をもたらしています(写真1)。その他にも中高域用振動板には、ベリリウムに次ぐ物性を持つセラミックグラファイト(S-3EX、S-4EX、S-8EX)や高純度のマグネシウム振動板などを採用しています。

#### HDオーディオに対応した100kHzの超広帯域再生を実現するHSDOM (Harmonized Synthetic Diaphragm Optimum Method)

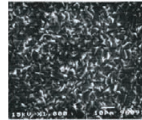
EXシリーズ SERIES8 SERIES7 (すべてサブウーファーを除く)

HSDOMは、ツイーターの振動板素材や形状、エッジの構造などをコンピュータによる有限要素法を用いた解析を行うことで最適化する設計手法です。この形状化の技術により、理想的なピストンモーションと分割振動をバランスよく組み合わせることができ、高域再生時も音のバランスを乱す素材の固有音を発することなくベリリウム振動板では100 kHzに達する超広帯域再生を実現。チタン素材などでも、素材の持つ高域再生限界周波数を超え、HDフォーマットに対応した広帯域化に威力を発揮します。

表1 振動板素材の物性比較

Material	Density (g/m <sup>3</sup> )	Young modulus (*E10N/m <sup>2</sup> )	Velocity (m/s)	Inner loss (-)
Aluminum	2.7	7	5092	0.003
Titanium	4.4	11.9	5201	0.003
Beryllium	1.85	28	12302	0.005
Magnesium	1.78	4.5	5028	0.006
Boron Alloy	4.5	23	7149	0.005
Paper	0.2-0.8	0.03-0.6	1200-3750	0.02-0.1
Ceramic Carbon	1.4	3.5	5000	0.005
Ceramic Graphite	1.8	18	10000	0.01
Crystallized Diamond	3.4	90	16270	0.014

▼蒸着面



▼破断面

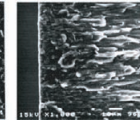
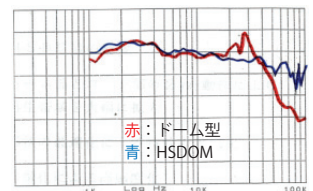


写真1  
ベリリウム振動板の  
表面顕微鏡写真

図1 従来のドーム型ツイーターとHSDOMツイーターとの形状の違い



写真2 HSDOM振動板 グラフ1 HSDOMの効果



## 小音量から大音量まで正確に再生する

### リニアリティの追求

#### 繊細かつ力強い表現力を可能にするために ウーファーのリニアリティへのこだわりを徹底追求

S-1EX S-2EX S-7EX S-3EX S-4EX S-8EX

ウーファーが、小音量から大音量まで高いリニアリティを発揮するためには、駆動系・振動系・サスペンション系すべてにおいて入力信号に対し正確な動作が求められます。

①駆動系 低域を受け持つウーファーは、大きな振幅を必要とするため、駆動力が一定であることが重要な要素です。そのためには、磁束密度分布の対称性が大きな問題となります。パイオニアが独自に開発したLDMC磁気回路(S-3EX、S-4EX、S-8EX、SERIES8)は、ポールピース(写真5)の形状を、コンピュータによる精緻なシミュレーションによって決定。その形状をCNC加工により正確に再現することで、図2で示すようにギャップ内だけでなく、ギャップ外における磁束密度分布までも対称にすることを可能にしました。

②振動系 ウーファー振動板においては、リニアな駆動力を持つ磁気回路による卓越したパワーハンドリングを実現するために、軽さや硬さだけでなく、強さも求められます。そこでパイオニアは、シリーズの特性に合わせ、高強度繊維を用いた素材を組み合わせることでその理想的な物理特性を獲得。さらに、コーンとセンターキャップを一体構造とし、構造体としての強度と適度な内部損失を合わせ持つ複合振動板を採用しています。

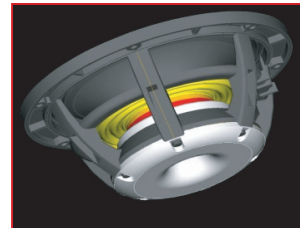
③サスペンション系 サスペンション系でも、発泡ポリカーボネイト系ウレタンによるコルゲーションエッジ(写真3)の採用など、さまざまな工夫によりコーン部の正確なピストンモーションを可能にし、入力信号に対する高いリニアリティが低歪みをもたらしています。



写真5  
CNC加工によって精密に  
成型されたポールピース



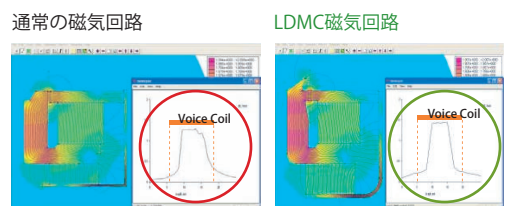
写真3  
アラミドカーボン複合  
シェル振動板  
(S-1EX、S-2EX、  
S-7EX)



コルゲーションエッジ

写真4  
強力な磁気回路を  
支えるクレードル形状  
(S-1EX、S-2EX、  
S-7EX)

図2 従来型磁気回路とLDMC磁気回路の  
構造の違いと磁束密度分布



LDMC (LINEAR DRIVE MAGNETIC CIRCUIT) 磁気回路:ギャップ内だけでなく、ギャップ外の磁束分布までも対称にする、パイオニアの独自技術。ポールピースの形状を、精緻なシミュレーションによって決定し、鉄製ブロックからのCNC加工によって正確に再現。これにより、ウーファーの駆動力(BLファクター)を平坦にし、高いリニアリティ、低歪み化を実現しています。

## システム(エンクロージャー)での音の色づけを排除

## 共振・共鳴ノイズの排除

## 定在波の問題を独自の技術で解決 ABD&amp;AFASSTテクノロジー

S-1EX S-3EX S-81 S-71 S-31

筒状の中で音を出すとある特定周波数で「定在波」が発生し、共振してしまいます。トールボイススピーカーにおいては、これまでエンクロージャー内の上下方向に発生する定在波を、吸音材の量を増やすことで影響を抑えていました。しかし、それでは定在波を十分に排除することができないばかりか、不必要に抵抗を増やすことになり、低音のエネルギーまでもロスしていました。この問題をまったく違ったアプローチで解決したのが、パイオニア独自のABD & AFASTテクノロジーです。これらの技術により、不要な共振音を排除し、低域の量感を犠牲にすることなく、スリムで設置しやすいスピーカーを実現しています。

## ●ABD (Acoustic Balance Drive) テクノロジー

ABDテクノロジーは、右の図1、図2で示すようにコンピュータシミュレーションによりキャビネットの形状、ドライバーの位置を最適化することで、ウーファー帯域のエネルギーロスを生じる吸音材を使わずに定在波の影響を大幅に減少させることができます。

## ●AFAST (Acoustic Filter Assisted System Tuning) テクノロジー

AFASTテクノロジーは、図1、図3で示すように音響管(音響素子)

を使用し開口部に吸音材を詰め、特定周波数の定在波を効果的に低減させる技術です。ABDテクノロジーでは取りきれない定在波を除去し、低域から中域におけるピュアなサウンドと繊細な表現力を実現します。音響管による吸音技術は、ヘルムホルツのレゾネーターによる方法など従来からもありましたが、AFASTテクノロジーでは音響管に開口部を設け、開口部の位置を調整することでエンクロージャーの内部容積を減らすことなく定在波の除去を実現。ウーファー帯域のエネルギーロスを最小限に抑えることを可能にしています。

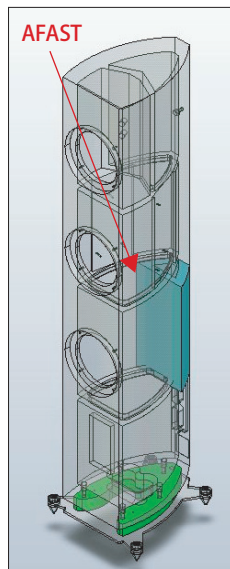


図4 S-71のAFAST透過図

## 優れた強度を実現したエンクロージャー

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3

(すべてサブウーファーを除く)

ラウンドしたパネルを用いてティアドロップ形状にすることで構造力学的に優れた強度を実現。エンクロージャーの不要振動を抑え、共振による音への色付けを排除し、ユニット本来のパフォーマンスを遺憾なく引き出します。さらに、EXシリーズでは厚さ最大100mmの極厚バッフルを採用することにより、さらにその効果を高め、高音質化を徹底追求しています。

図1

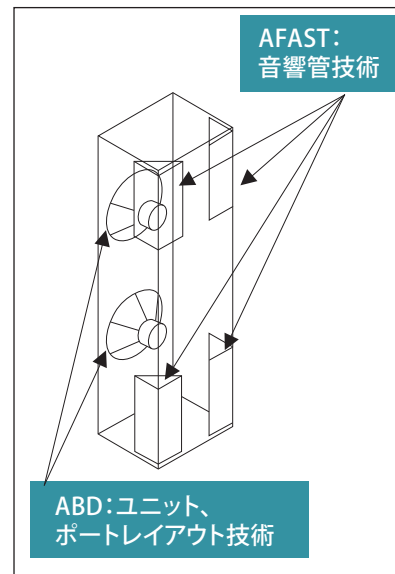
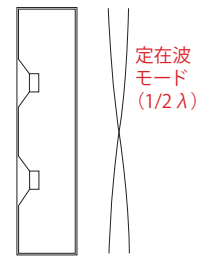
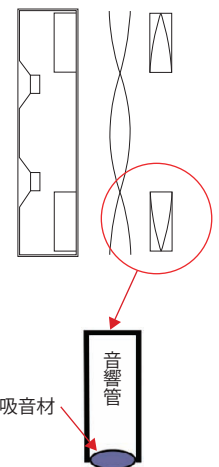


図2



ABD:  
最低共振周波数(1/2λ)の  
定在波をキャンセル

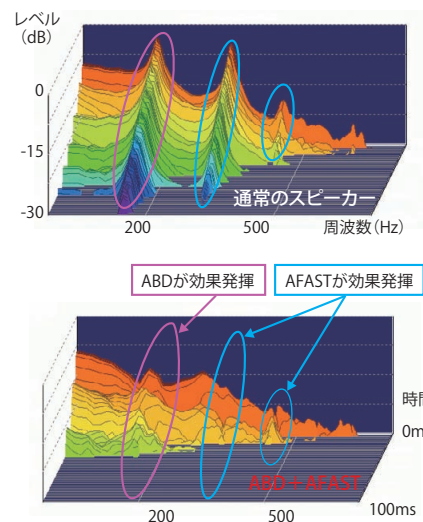
図3



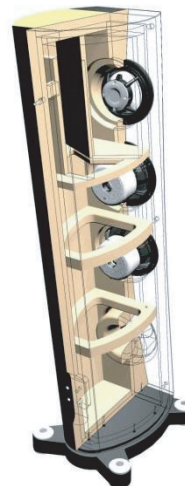
AFAST:  
最低共振周波数以上の  
定在波をキャンセル  
(λ, or その倍音)

グラフ1

ABD & AFASTテクノロジーによる  
定在波の除去効果



ラウンドフォルムエンクロージャー



S-3EX 構造断面図



S-1EX 構造断面モデル(写真)

## 波面コントロール

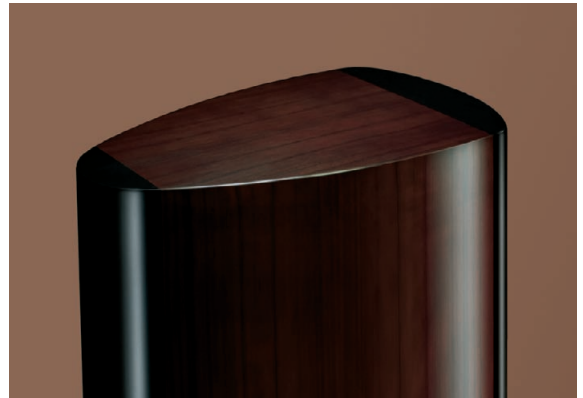
### 自然な音の広がり追求

#### 音の回折を抑えるラウンドフォルムをはじめ、さまざまな工夫が凝らされたエンクロージャー形状

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3 (すべてサブウーファーを除く)

ラウンドフォルムエンクロージャーはスピーカー前面だけでなく、そのティアドロップ形状がスピーカーシステム後面への音の広がりをコントロールし、スピーカーユニットからの放射音をスムーズに広げる効果を発揮します。さらに、EXシリーズでは球体の曲面に沿った精密な曲面形状プレジジョンカーブを採用。加えてS-1EX、2EX、7EXではラウンドバツフルにするなど、エンクロージャーの形状にさまざまな工夫を凝らすことで、ユニット間の波面の乱れも抑え、より自然な音の広がりを実現しています。

写真1 ラウンドバツフル&ラウンドエンクロージャー



## サウンドチューニング

### 国境を越えたスピーカー設計・デザイン

#### 日・米・欧のエンジニアとデザイナーによる感性の融合

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3

パイオニアでは、日・米・欧のエンジニアとデザイナーが国境を越えたプロジェクトを組み、その叡智と感性を融合させたスピーカー開発を実現。世界の著名スタジオにおいて揺るぎない評価を受けているTADの技術思想の継承、ヨーロッパのデザイントレンドの先端をいく洗練のフォルム、世界最高峰の録音スタジオ「Air Studios」でのサウンドチューニング (EXシリーズ) など、世界中のオーディエンスの想いに応える、これまでにない価値観をもったスピーカーシステムの提案を可能にしています。

写真3▶

米パイオニアスピーカー開発技術担当部長  
アンドリュー・ジョーンズ

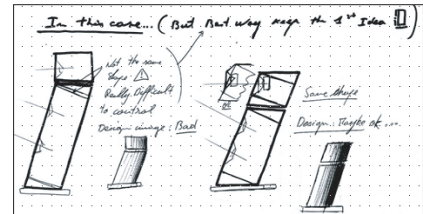


◀写真2

EXシリーズのサウンドチューニングを行った世界最高峰の録音スタジオ「Air Studios」(イギリス)

▼写真4

EXシリーズ開発コンセプトスケッチ



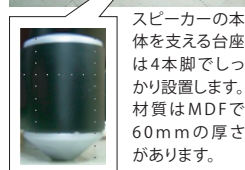
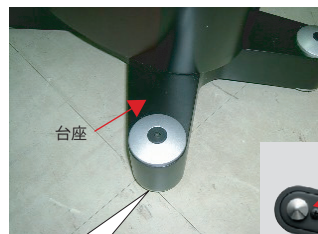
## しっかりと安定した設置

### 設置のし易さと音質への配慮

#### 不要振動を抑えるスパイクによる接地をはじめ、音質へのこだわりと使いやすさに隅々まで配慮

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3

どんなに強固なエンクロージャーでも、支える足元が不安定では、スピーカーユニットの実力を十分に発揮することはできません。スピーカーユニットの駆動による反作用にびくともしない設置が理想です。そこでEXシリーズやSERIES 8、SERIES 7では、設置面に対して常に安定したコンタクトを実現するスパイクによる支持構造を採用。さらに、EXシリーズではスピーカーシステム自体をスラントさせ、重心位置を最適化。安定度の最大化を最少の設置面積で可能にしました。エンクロージャーの安定性向上により音質への貢献はもちろん、転倒防止に配慮した安全性の向上も両立させています。



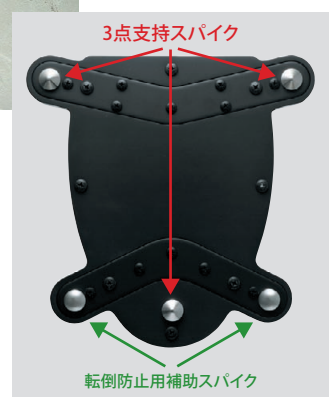
垂鉛ダイキャスト脚

垂鉛ダイキャストでできた脚部は台座部を上下から挟み込み中心に高さ調整のできるスパイクが装着されています。

◀写真5 S-1EX 脚部

▼写真6

S-81の3点支持構造



マッチングユーザビリティ

組み合わせのし易さ

シリーズ内同一ユニットや同一振動板の採用、フェイズコントロールなど、チャンネル間のつながりの良いシームレスな音場を実現

EXシリーズ SERIES 8 SERIES 7 SERIES 3

音に包まれている感じや、あたかもその場にいるような臨場感、ひとつひとつの音像の定位やその音の空間を埋める音場が正確に再現されることで、マルチチャンネル再生のクオリティを圧倒的に高めます。スピーカーシステムの構築にあたっては周波数特性や位相を揃えることが理想的ですが、音色や音のタイミングの統一が重要な問題となります。パイオニアでは、シリーズ内のユニットや振動板の素材を統一することで音色のマッチングを図り、さらにマルチWayスピーカーの各ユニットを正相でつなぐことで音のタイミングを揃え立体的でシームレスな音場を実現しています。

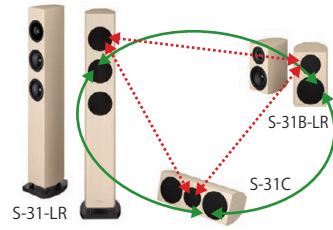


表1

	トゥイーター振動板素材	ミッドレンジ振動板素材	ウーファー振動板素材
S-1FX	ベリリウム	マグネシウム	アラミド+カーボン複合シェル
S-2FX			
S-7FX			
S-3EX	セラミックグラファイト	マグネシウム	アラミド+カーボン
S-4EX			
S-8EX			
S-81	チタン	アラミド	アラミド+カーボン
S-81B-LR		—	
S-81C		アラミド	
S-71	チタン	アラミド	アラミド+グラスファイバー
S-71B-LR		—	
S-71C		—	
S-31-LR	ソフトドーム	—	グラスファイバー
S-31B-LR		—	
S-31C		—	

シリーズ内で同一の振動板素材を採用

ピュアモルトスピーカー

長い歳月をかけ熟成された上質な素材のみが奏でる音色。それがピュアモルトスピーカーへのエンジニアのこだわり

ウイスキーを熟成させる樽は、樹齢約100年のホワイトオーク(樺)が使用されます。ピュアモルトスピーカーは、この樽が約50年から70年もの歳月にわたりウイスキーを醸した後の樽材を使用して誕生します。下のグラフは、そのウイスキーの樽に使われるホワイトオークをウイスキーを醸す前の生材と熟成した後の樽材で、音の響きを比較したものです。どちらもスピーカーのキャビネットにふさわしい澄んだ音を響かせますが、熟成後の樽材は余分な尾をひきません。つまりムダな共振をしないのが特徴です。それはキャビネットとして最高の素材であることの証です。

1998年、初代のピュアモルトスピーカーS-PM1000-LRが誕生して以来、パイオニアがピュアモルトスピーカーをつくり続けるこだわりは、単なるエコロジーの発想やウイスキーの持つイメージによるものではありません。人の手を越えた、時だけが可能にする上質なスピーカー素材に対する、エンジニアの確かなこだわりがそこにあるからにほかなりません。

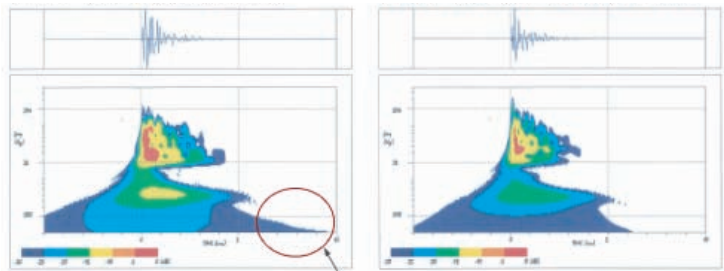
ピュアモルトスピーカーは、熟成の役目を終えた樽材の側板(がわいた)の部分をもう一度、一枚板として集成し、つくられます。



参考データ(板を叩いた時の響きを測定しました)

ウイスキーを入れて熟成させる前の状態

ウイスキーを入れて50~70年熟成させた状態



余分な響きが残ってしまう

※この資料に掲載している仕様・写真・測定データ等は開発・設計時点のものであり、実際のものとは異なる場合があります。