



Acoustic Grove System



Development history of the Acoustic Grove System

— AGS 開発の歩み —



いままで聞こえなかった音が聞こえるようになり、何度も聴いてきた音源なのに新たな発見があった。

スピーカーからの再生音で、初めて立体的な音場を実感できた。

音場が左右のスピーカーの外側にまで自然に拡がり、奥行きがとても深く感じられる。

音像がシャープで、定位が明瞭だ。

小さな音が大きな音にかき消されず、両方がはっきりと聴きとれる。

まるで部屋が広くなったようで、壁の存在が気にならなくなった。

長時間聴いても疲れを感じない。

この空間にいつまでも居たくなるような心地よさがある。

リラックスできるだけでなく、音楽に集中できる空間になった。

楽器の音色が自然で、まるで目の前で演奏しているようなリアルな感じだ。

演奏者やレコード制作者の意図がはっきりと伝わってくる。

これらは、AGS を体験した人々から寄せられた賞賛の声の一部です。

日本音響エンジニアリング創業者・茂田敏昭（1934 — 2018）が、京都・北山杉の「森の音環境」の心地よさに深い感銘を受けたことがきっかけとなり、新しいルームチューニング機構「AGS (Acoustic Grove System=柱状拡散機構)」が開発されました。

AGSは、放送局や録音スタジオに導入されると、その音響効果が高い評価を受け、オーディオファイル向けの製品が開発されることになりました。これが現在のSYLVANやANKHといった製品群です。

近年では、生演奏の場でも利用されることが多くなり、音楽ホールのステージ上やオペラハウスのオーケストラピットなどでも活躍しています。さらには、オーディオや生演奏会場以外にも、もともと音響を考慮した設計が行われていない公共空間の音響環境の改善に利用される例も増えています。京都・北山杉の森にヒントを得たAGSは、いまや、音のある空間と環境に、なくてはならない存在となっているのです。

AGS を使用したオーディオルームの音響改善効果

森の中では、数多くの木々が自然かつランダムに存在することで、中高音域の緻密な反射と低音域の理想的な抜けがバランスよく得られます。AGS はこの空間にヒントを得て、音響効果を考慮して設計された適切なサイズの円柱を多層的に最適な位置に配置することで、森の中の理想的な音響環境を室内にもたらしめます。AGS は円柱を多層的に配置する構成により、オーディオシステムで音楽を聴く際の印象に大きな影響を与える「壁からの反射音」を適切に拡散して悪影響を緩和し、スピーカーからの直接音を明瞭に聴くことができるようになります。

AGS の代表的な音響上の利点は、以下でご説明する二つです。これらにより、「鮮明な音像定位」と「サウンドステージの広がり、奥行き」が、どちらも高いレベルで実現できます。さらに AGS は「自然で透明感のある音」と「低域の明瞭さ」を実現し、音楽聴取に理想的な音響環境を作り出します。

自然で密度が高く、きめ細かな中高音域の反射を実現

オーディオでの音楽再生では、室内の反射音が再生音の品質や印象に大きく影響します。私たちが着目したのは、スピーカーから音が発せられた直後に壁面や天井、床面から返される初期反射音です。

一例として、スピーカーの開発に用いられる無響室を考えてみましょう。無響室は初期反射音に限らずあらゆる反射音の影響をほぼなくした実験室ですが、人間にとっては非日常的で大変不快な空間です。音楽を聴いても楽しくないばかりか、長時間滞在すると不安感すらもたらしめます。つまり、反射音を完全になくしても快適な音場は実現できません。音楽再生に適した音場を実現するには、反射音の悪影響のみを取り除くことが重要なのです。

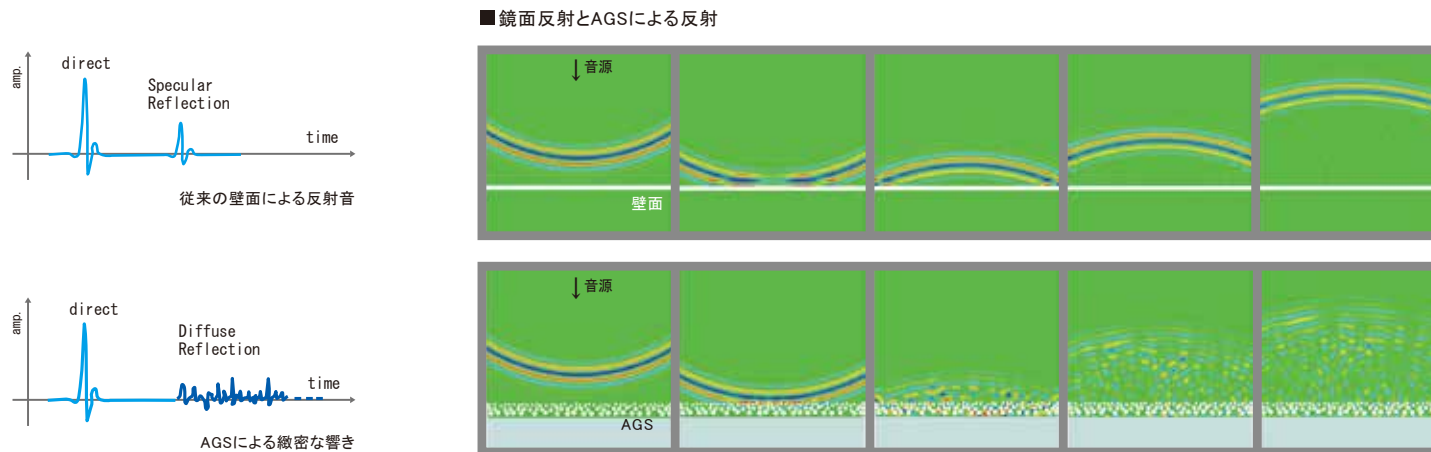
従来から室内音響設計では響きの量を調整するために、反射面と吸音面を組み合わせる手法が用いられてきました。このような反射面と吸音面の不連続な境界は、不自然な反射音の特性と不安定な聴感印象を生み出し、特

に小さな空間では、聴く位置が少し変わると音の印象が大きく変わりがちです。なぜなら、反射面からは広帯域で強いエネルギーが音場に戻される一方、吸音面から戻されるエネルギーは吸音の性質から低音に偏り、周波数特性としてもバランスが悪くなるためです。つまりこの手法では響きの量は調整できても、反射音の質は決して良好ではありません。一方、AGS は強い反射音を抑制するために、入射する音波を“微細に拡散した波”としてあらゆる方向に返します。この特性により、自然で密度が高くきめ細かな反射音生まれ、聴く位置による差が少ない理想的な音場が実現できます。AGS は響きの「量」ではなく、反射音の「質」を改善する機構なのです。

低音域における定在波による音圧分布のバラつきを抑制

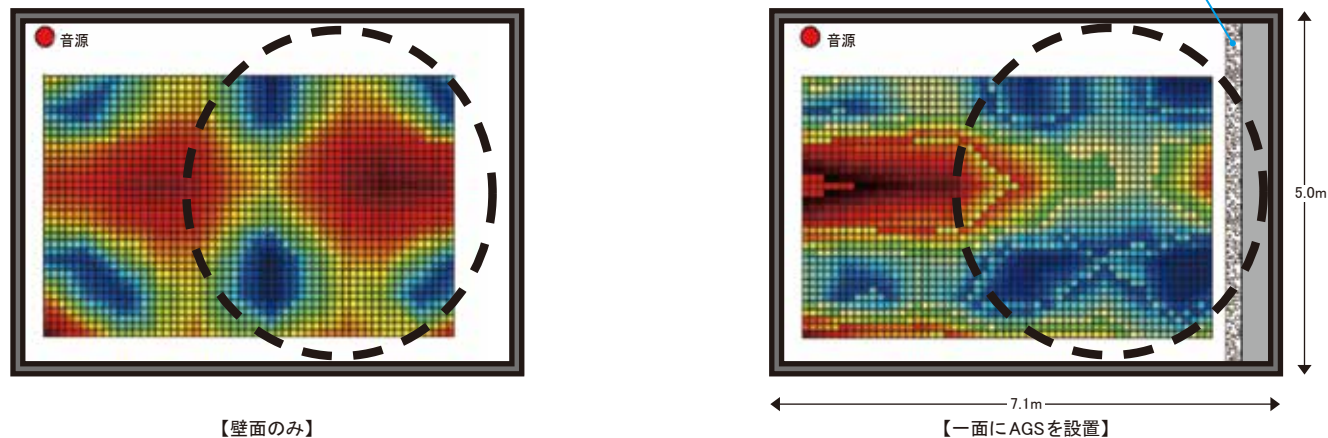
オーディオルームのような小さく閉ざされた空間では、室内寸法に応じて生じる定在波の影響が顕著になります。特に低音域では、定在波の影響により明瞭さが失われがちです。低音楽器同士の分離が悪くなったり、音程やリズムが不明瞭になったり、さらには音がこもり、抜けが悪い印象になることがあります。ひどい場合は耳が詰まるような感覚まで生じます。

従来から知られている定在波対策では、部屋のコーナーに吸音材を設置する方法が一般的でしたが、多孔質材料の吸音材を多用すると、音の豊かさや臨場感に欠かせない中高音域が過度に吸音されてしまいます。音楽に宿る生命力、生々しさ、演奏会場の空気感やアーティストの気配、こういった音楽に込められたあらゆる情報をプライベートな空間内で再現することは、オーディオファイルに共通する目標ではないでしょうか。これらを再現するためには、過剰に中高音域を吸音することは避けるべきです。AGS は、小さな部屋でも定在波の影響を緩和し、クリアな低音域を実現します。AGS は、音楽の生命力を損なうことなく、低音域の音場改善を可能にするのが大きな特長です。



図は、AGSによる反射音の時間応答特性をコンピュータシミュレーションで検証した結果を示しています。入射音として、パルス状の音が壁に入射する場合を想定しています。上段は平坦で硬い壁面による反射を、下段は壁面の前にAGSを設置した時の反射の時間応答特性を表しています。AGSを設置することで反射音の波面は砕かれ、強い反射音（反射音エネルギーの時間的な偏り）をなくすとともに、反射音のエネルギーは伝搬方向と時間の両方で分散させています。これにより、反射音は直接音の明瞭さを損なうことなく、むしろ補強し、その良さを際立たせ、色付けのない自然な音響空間を実現します。

■ 部屋鳴り抑制効果の比較



図は、AGS設置による定在波の影響が強い音場の改善状況を示しています。カラーマップは7.1m×5.0mの矩形室内における80Hzの音圧レベル分布を表しており、左側がAGS設置前、右側が右壁面の前にAGSを設置した後の状態の実測結果です。実験は縮尺モデルで行われ、室内寸法や周波数は実際の値に換算されています。破線で囲まれた範囲を比較すると、壁一面にAGSを設置しただけで、音圧レベルのピークやディップが大幅に緩和されていることがわかります。

森からヒントを得た、理想的な音場の実現

登山やハイキングをされる方はご存じでしょうが、木々に囲まれた森の中は音響的にもとても心地よい空間です。屋内で感じるような低音のこもりがなく明瞭で、中高音域もよく聞き取れ、快適な印象を与えます。遠くで鳴く鳥のさえずりが驚くほどはっきり聞き取れたりします。こうした森の独特な音響効果の仕組みを解明するため、国内外問わず数多くの音響研究者、音響技術者がさまざまな切り口から研究を行ってきました。弊社の創業者である茂田敏昭も「森の音環境」に魅了された一人です。京都・北山の杉林で、彼はそれまで自分が手掛けてきた録音スタジオや放送スタジオをはるかに超える、目を見張るような音環境を体験しました。それ以来、北山杉の森の空間は、常に彼の心に残り続けました。私たち技術者も、彼の理想とする「森の音環境」に関心を持つようになり、それぞれの専門分野や手法——数学的解析、建築的アプローチ、心理的アプローチ——から調査や検討を進めていきました。2000年代に入ると研究はさらに本格化し、やがて、後にAGSと呼ばれる「柱状拡散体」のアイデアが生まれ、森の音環境のエッセンスを室内にもたらすという、これまでになかった音環境の実現に向けた開発へとつながりました。私たちの取り組みは、木々のもたらす反射音の「量」ではなく、反射音の「質」に着目したものでした。

2007年、国内のある放送局で、同局のフラッグシップ的存在である5.1チャンネル・サラウンドスタジオの改修プロジェクトのコンペが行われました。私たちは、茂田のアイデアをもとに長年研究開発してきた柱状拡散体を壁面に大胆に取り入れたスタジオプランを初めて提案し、採用されました。この提案は、側壁と後壁を柱状拡散体で覆い、あらゆる方向からの「拡散反射音」によってスピーカー間の安定したファントム音像を実現するというコンセプトでした。複数の反射面や吸音面をフラットな壁で実現する構成ではなく、柱状拡散体によって自然な音響特性と正確な音像定位を確保し、何よりも狙い通りスピーカー間のファントム音像の連続性を自然に実現するのが狙いでした。現在のAGS製品を使うと、あたかもその場でミュージシャンが演奏しているような臨場感を感じることができますが、その源流となるのがこのコンセプトだったのです。2008年に完成したサラウンドスタジオでは、奥行き60cmの壁内に異なるサイズの円柱を多数、適切に配置したこの柱状拡散体が設置され、低音域から高音域まで拡散効果を十分に発揮した結果、時間応答や周波数特性だけでなく、空間内の反射音の均一性も実現し、このプロジェクトはサウンドプロフェSSIONALの間で多大な反響を呼ぶことになりました。



そして、オーディオファイルの皆様へ

私たちが長年の研究開発の末に完成させた柱状拡散体は、国内放送局の5.1チャンネル・サラウンドスタジオに最初に導入されました。部屋の壁面全体に柱状拡散体を配置することで、理想的な拡散反射音場を実現し、明瞭な音像定位と自然な音のつながりを保ちつつ、クリアな音場を確保した結果、ミキサーポジションだけではなく、ディレクターやクライアント席でも同様の音像定位とサラウンド感覚を共有できる広いカバーエリアを持つ音場が実現でき、スタジオエンジニアから高い評価を受けました。さらに、閉空間でありながら、疲れにくく長時間の作業がしやすい高い居住性が実現でき、エンジニアからも非常に好評でした。後日、この柱状拡散体は「Acoustic Grove System (AGS)」と命名されることになります。

当然のことながら、このスタジオと柱状拡散体は他の放送局やスタジオのエンジニアにも注目されました。柱状拡散体がインストールされたスタジオを見学したり、実際の編集作業で利用した外部のエンジニアから、自社の施設でその効果を体験したい、試してみたいという要望が急増したのです。ところが、初代の柱状拡散体は壁面に埋め込まれたカスタムメイドの家具のようなもので、これをそのまま別の場所、ましてやスタジオというプロの仕事場に持ち込み、その効果を試すのは無理がありました。

このような要望に応えるため、私たちは柱状拡散体の一部を切り出したモデル、つまりその効果のエッセンスを凝縮した、容易に運搬可能な小型モデルをデモンストレーション用に開発しました。この試作機を発展させたものが、後に、初のオーディオファイル向けの市販モデルであるSYLVANとなり、続いてANKHシリーズが開発、発売されることになりました。2025年8月現在、ANKHシリーズはさまざまな設置形態に対応する6種類が発売され、そのラインアップが広がっています。

さらに、より多くの人にAGSを設置した部屋とその音場、効果を体験してもらうため、2009年には自社研究施設内に「サウンドラボラトリー (サウンドラボ)」を開設しました。サウンドラボは、音楽制作と音楽鑑賞双方のために理想的な音場を追求することを目的としています。従来ではこの二つの音場は両立しないと考えられていたのですが、最初のプロジェクトの成功とAGSの評判から、私たちはこれらは両立できるという手ごたえを感じていました。このサウンドラボにはすべての壁と天井にAGSがインストールされており、スタジオでのモニタリングに要求される「明瞭な音像定位」や「解像度」と、快適に音楽鑑賞を楽しむための「拡がり」と奥行きのある快適な音響空間」の両立を目指した設計となっています。サウンドラボの開設から15年以上経過しましたが、私たちは改良に改良を重ねて音を磨き上げ、これまでに多くのスタジオエンジニアや演奏家、さらにはオーディオファイルの方々にもご来訪いただき、ご好評をいただいています。



AGS の開発における三つの重要なコンセプト

AGSの開発では、次の三つのコンセプトを満たすことが必要不可欠でした。
AGSの効果と品質は、これらが揃って初めて保証されます。

広い周波数帯域で反射音のエネルギーを時間的に分散

このコンセプトは、時間的に短い音（パルス状の音）に対して直接音と反射音の相関を低減することを意味します。これにより、反射音が直接音を妨げず、明瞭な聴取体験が得られます。

この条件を満たすため、AGSは異なる大きさ（太さ）の円柱を多層に配置した構造を採用しています。しかも円柱の径は音が入射する側で小さく（細く）、奥に行くにしたがって大きく（太く）なっています。このような構造では、まず、音の入射時に表層部分から強い反射音を返すことがありません。さらにその内部で弱い多重反射を発生させるため、時間的に分散した弱い反射音を音場に返すことができます。このような特殊な構造から生じた弱くきめ細かな反射音は、スピーカーからの直接音の品質を損なうことなく、むしろ補強し、その良さを際立たせます。また、部屋が広がったような開放感も生み出します。私たちが考えるよい音響空間は、定常特性である周波数特性に優れているだけでなく、過渡特性（時間特性）にも優れている必要があります。AGSはこのような音楽聴取に適した空間を、時間特性と周波数特性の両面から実現できるのです。

幅広い周波数帯域で最小限のエネルギー損失

このコンセプトは、壁構造ができるだけ多くの音響エネルギーを部屋に戻すように設計することを意味します。ただし、強い一次反射音のように、時間軸上で集中してエネルギーを戻してしまうと、この2番目のコンセプトは満たすものの、先に掲げた1番目のコンセプトが実現できなくなります。

エネルギーロスが最小限ということは、音響特性における吸音率が低いということを意味します。AGSは幅広い周波数帯域で極めて低い吸音率となるように設計されており、かつ広い周波数範囲でフラットな吸音率周波数特性を目指しています。なぜなら、AGSは反射音に特有の音色をつけないことを開発の目標としているからです。そのため、部屋にAGSを多数設置しても再生音の品質が劣化することはなく、数が増えるほど音響環境はより良くなります。一般的な「ディフューザー」と称した既存のルームチューニング製品を使うと、音に癖を感じるがありますが、これは吸音率あるいは音圧反射率の周波数特性がフラットでないために生じるものと考えられます。AGSを設置しても、そのような悪影響を感じることがないのは、設計と実験により、この3つのコンセプトをすべて実現しているからなのです。

広い周波数帯域で鏡面反射エネルギーの少ない拡散反射面を構成

3番目のコンセプトは、入射音の方向にかかわらず、できるだけ広い方向へ反射音が分散されるような条件を意味します。これは拡散体（ディフューザー）に求められる一般的な要件です。「拡散反射」とは音響学における壁面反射特性のモデルであり、入射角にかかわらず反射音がさまざまな方向に散乱する現象を指します。一方、「鏡面反射」は平坦で広い表面から、光が鏡で反射するように音が跳ね返る現象を指します。「良い拡散体」とは、広い周波数帯域で拡散反射を実現し、反射音を多方向に分布させるものです。

一般的に拡散体、ディフューザーとして要求されるのは、3番目のコンセプトのみです。AGSがAGSであるためには、これに加えて他の二つのコンセプトも同時実現しなければならなかったのです。これらの三つのコンセプトをすべて満たすことはたいへん難しく、実際に開発に取り組むとさまざまな困難に直面しました。これらの実現のために不可欠だったのが、次に紹介する私たちが持つ三つの音響技術です。



AGS の開発に不可欠なもの シミュレーション技術、実験技術、聴感評価

前ページの三つのコンセプトが並立する AGS の開発を可能にしたのは、私たちが独自に培ってきた「シミュレーション技術」「実験技術」「聴感評価」です。これらについて簡単にご紹介しましょう。

シミュレーション技術

私たちが AGS の開発を始めた当時、市販のシミュレーションソフトやシステムはほとんど普及しておらず、実用的なものは世の中に存在しませんでした。そのため、私たちは波動音響シミュレーターを自ら開発し、それを利用した研究開発を進めました。シミュレーションでは、さまざまな円柱のサイズや配置による音響効果を検証し、AGS に最適な構成を探ることができます。その結果、有望な配置をいくつか発見しました。しかし、シミュレーションで検討できることは、物理的な側面に限定されます。AGS はよい音響空間をもたらすための一種のオーディオ機器です。いくらシミュレーションの結果として物理特性がよいものが得られたとしても、設置した時に音が悪ければ商品化はできません。つまり、物理的な特性はたいへん重要ですが、AGS に要求される必要条件のひとつに過ぎないのです。実際にプロトタイプ製作、音響測定、さらには繰り返しの聴感評価（試聴評価）を重ねることで、AGS は私たちが目指す理想的な室内音響チューニング機構に近づいていきました。

実験技術

AGS の試作機は、前述の音響実験室で徹底的にテスト・評価されます。テストの内容はじつに多様で、「低音域における垂直入射吸音率・反射率の評価」、「無響室での拡散反射とその時間特性評価」、「小型残響室での吸音率の評価」、「大型残響室での設置面積を拡大した場合の吸音特性の評価」

などに加え、最近では研究開発の成果として「リスニングルームでの残響減衰変動評価」が加わりました。音響的な実験だけでこれだけあるのですから、非音響的な実験も含めるとじつに多岐にわたります。

AGS の開発には、正確にテストを行うための技術・設備・機器が不可欠です。私たちは、音に関するさまざまな製品やサービスを手がけ、ノウハウを蓄積するとともに、無響室や残響室などの数多くの実験施設を備え、製品の音響性能を正確に評価できる体制を整えています。私たちはオーディオメーカー向けの実験室や、オーディオ製品の音を決定するリファレンス試聴室を数多く手がけていることもあり、実験室の設計と設置、それらを利用して行う実験技術に多くの知見があることを強みとしています。また、残響減衰変動のように、聴感印象と高い相関を持つ物理指標の開発も行っており、総力で製品の性能の検証と改善に役立てています。

聴感評価

AGS の最終的な製品仕様は、材質や組み立て方法、円柱の径や配置まで聴感評価を経て決定されます。シミュレーションや実験の結果が優れていても、実際に聴いた音の品質が満足できなければ製品化には至りません。例えば、柱と上下板の間にわずかな隙間があるだけで音像定位が不安定になることや、微小な製品自体の歪み、捻れが音質に悪影響を及ぼすことがわかっています。また、塗装などの仕上げについても同様です。これらの問題をシミュレーションや音響実験だけでは発見することは現在の技術をもって難しく、最後は実際に聴いて確かめることで製造仕様を決めています。私たちは、アンプやスピーカーの開発と同様、AGS はよい音空間を作り出すオーディオ機器であるという認識のもとに開発を行っているのです。



小型残響室における残響室法吸音率の評価



無響室における反射特性の測定・評価



SYLVAN のプロトタイプ



模型実験用 AGS(アクリル製)

高度な製造技術と品質管理

最後にAGSに使われている材料や製造工程についてご紹介したいと思います。

AGSの主な素材はご覧になるとお分かりのように天然木の集成材です。私たちは開発の初期段階から、アクリルなどのプラスチックや金属など、さまざまな素材を試しています。その結果、木材が最良の結果をもたらすことが確認されました。また、特別に指定した集成材を使っているのも理由があり、無垢の木材では音に癖がつきやすいのです。ただし、素材は十分な吟味が必要で、密度が低く軽量で振動しやすい木材は振動が反射音の質に悪影響を及ぼすことがわかっており使用できません。AGSは音質的には非常にデリケートな製品で、材料の品質は製品の音質に大きく影響するため、素材選びと品質管理は徹底しています。柱材は反りや節などの欠陥が厳しく検査され、基準を満たさない部材は廃棄し使用されません。また塗装にも大変なこだわりがあり、どれだけ木目をつぶすか、何回塗るかで反射音の質が変わってきますので、塗装の回数や厚みまで聴感評価で仕様を決めている徹底ぶりです。

円柱の切断にも極めて高い精度が求められます。切断面は長手方向に対して完全に直角かつ平滑である必要があり、それぞれの長さも非常に厳密に揃っている必要があります。AGSが良好な性能を発揮するためには、すべての円柱が接着剤を使わずとも上下のプレートに隙間なく密着していることが重要です。円柱とプレートの間にわずかな隙間があっても、音質に大きな影響を及ぼします。そのため、円柱の切断には超高硬度のダイヤモンドコーティングされた刃を搭載したテーブルソーを使用し、切断精度と切断面の平滑性を維持するために数本ごとに刃を研磨しています。

完成したAGSは一台ずつ厳重な検査を受けます。0.2 mmのシックネスゲージ（ギャップゲージ）をAGSを構成するすべての円柱と板の接合部に当て、360度全方向どこからもゲージが差し込まれないことを確認します。AGSは多数の円柱を使う構造なので、円柱の長さに指定した公差を超えるばらつきがあると簡単にどこかに隙間が生じ、実際に聴感評価で音に違いが出るレベルの差になって現れるのです。もし一本でもシックネスゲージが入る接合部があった場合、その製品は不良品として扱い、出荷しません。また、LED照明を用いた綿密な目視検査を併せて実施し、音質に影響するわずかな不具合も見逃さないよう徹底しています。

AGSの形状を単純に真似するだけでは、同じ品質や精度を持つ製品を作ることはできません。そのような製品は「AGSに似て非なるもの」であって、本物のAGSではありません。見た目は同じでも、本質的に異なるものです。AGSの製造は非常に繊細かつ精密で、高度な生産技術を持ち、厳格な品質管理ができる、日本音響エンジニアリングだからこそ実現できるのです。

AGSは1972年の創業以来、日本音響エンジニアリングが半世紀以上にわたり培った、科学的知見の蓄積と音楽的官能評価を統合して生み出された、まさに「音を出さない精密オーディオ機器」なのです。



Tokyo University of the Arts
Sogakudo Concert Hall





NIHON ONKYO ENGINEERING

日本音響エンジニアリング株式会社

www.noe.co.jp

202510



HIBINO
hibino group