

## 2. Q&Aコーナー

### —音響管を用いた吸音率、透過損失測定方法—

勝原 聡寛 (Akihiro Katsuhara)  
日本音響エンジニアリング株式会社

Q1. 吸音率や透過損失を測定する方法にはどのようなものがあるのでしょうか？

A1. 代表的なものとして、音響管を用いて測定する方法、残響室や無響室などの実験室を用いて測定する方法の2つが挙げられます。

音響管(写真1)を用いる測定方法では、試験体に対して平面波音波が垂直に入射する状態での吸音率や透過損失を測定します。小型の測定装置や試験体を用意するだけで吸音性能や遮音性能を測定することができ、素材そのものの性能評価に適しています。

一方、測定に用いる音響管の断面寸法によって試験体の大きさが制限されてしまうため、共鳴器型の吸音機構を持つ試験体や板振動型・膜振動型の試験体、非通気の試験体のように、試験体そのものの寸法や支持状態が吸音率や透過損失へ大きく影響を及ぼす試験体の測定では注意が必要です。

実験室(写真2)を用いて測定する方法では、試験体に対して様々な方向から音波がランダムに入射する状態での吸音率や透過損失を測定します。測定対象物の実際の施工状態に近い状態での吸音性能の評価に適しています。

一方で、測定に用いる実験室の容積に応じた面積の試験体を用意する必要があります。例えば、残響室法吸音率の測定方法について規定したISO 354やJIS A 1409では、室容積150[m<sup>3</sup>]の残響室に対し10～12[m<sup>2</sup>]の試験体を用意するように求められています。



写真1 音響管



写真2 無響室, 残響室

Q2. 音響管を用いて垂直入射吸音率や透過損失を測定する方法の概要を知りたいです。

A2. 垂直入射吸音率の測定では、図1のように音響管の一方の端にスピーカ、もう一方の端に試験体を設置して広帯域ノイズを再生し、マイクロホン2本それぞれによって測定される音圧より吸音率を算出します。この方法を伝達関数法と呼び、ISO<sup>1)</sup>やJIS<sup>2)</sup>、ASTM<sup>3)</sup>のそれぞれの規格で測定方法が定められています。

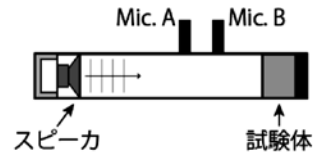


図1 垂直入射吸音率の測定イメージ

垂直入射透過損失の測定では、図2のように音響管の中間に試験体を設置します。スピーカから広帯域ノイズを再生し、試験体の入射側(Mic. A / B)、透過側(Mic. C / D)のそれぞれ2本ずつの計4本のマイクロホンによって測定される音圧より透過損失を算出します。この方法を伝達マトリクス法と呼び、ASTM<sup>4)</sup>で測定方法が定められています。

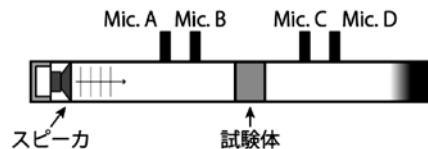


図2 垂直入射透過損失の測定イメージ

Q3. 何故内径の違う音響管が販売されているのでしょうか？

A3. 音響管の断面寸法や断面形状によって、測定可能な周波数範囲が変化するためです。

音響管を用いた測定では、管内に1次元音場が成り

立ち、試験体に対して平面波が垂直に入射することを前提にしています。一方、高周波域では波長が短くなり音響管の長さ方向だけではなく周方向や断面方向に音波が伝搬するようになるため、1次元音場の前提が崩れてしまいます。そのため、測定する周波数帯域に応じて適切な太さの音響管を選択する必要があります。

ISO<sup>1)</sup>やJIS<sup>2)</sup>では、音響管の断面寸法や断面形状による測定上限周波数 $f_u$ [Hz]を式(1)、式(2)のように規定しています。

(円管の場合)

音響管の内径を $d$ [m]、音速を $c$ [m/s]とすると、

$$f_u \cdot d < 0.58 c \cdot \cdot \cdot (1)$$

(方形管の場合)

音響管の最大断面寸法を $d$ [m]とすると、

$$f_u \cdot d < 0.50 c \cdot \cdot \cdot (2)$$

Q4. 音響管の断面寸法や形状の他にも測定可能な周波数範囲に影響を及ぼす要素はありますか？

A4. マイクロホン間隔 $s$ [m]や測定システムの精度、気温によっても周波数範囲が変化します。

測定上限周波数 $f_u$ については、式(1)や式(2)の他にマイクロホン間隔 $s$ による上限も規定されており、ISO<sup>1)</sup>やJIS<sup>2)</sup>では式(1)と式(2)のいずれかに加えて式(3)も同時に満たすことを求められています。

$$f_u \cdot s < 0.45 c \cdot \cdot \cdot (3)$$

一方、測定下限周波数 $f_l$ [Hz]はマイクロホン間隔や測定システムの精度に依存するとされ、ISO<sup>1)</sup>やJIS<sup>2)</sup>ではマイクロホン間隔 $s$ は式(3)を満たした上で測定下限周波数 $f_l$ の波長の5%を上回ること、とされています。

また、これまでご説明してきました音響管の周波数範囲の規定には、音速 $c$ が変数として含まれています。音速 $c$ は気温によって変化しますので、測定時の気温についても考慮する必要があります。

以上を踏まえると、高周波域の測定を行う場合には内径が細く、かつ、マイクロホン間隔が狭い音響管(例えば10[kHz]まで測定する場合は内径 $d=15$ [mm]程度、マイクロホン間隔 $s=12$ [mm]程度)を使用する必要があります。その一方で、内径の細い音響管を用いた測定には、試験体の準備や試験体ホルダーへの試験体取り付けの点での困難さが伴います。また、試験体が小さく、素材そのものの局所的な物性のばらつきによる影響が大きくなるため、素材の平均的な音響特性を把握するためには多数の試験体を測定する必要があります。



写真3

8マイクロホン法 / 16マイクロホン法対応音響管

表1 音響管の測定周波数範囲

音響管の内径	伝達関数法 / 伝達マトリクス法	8マイクロホン法 / 16マイクロホン法
100 [mm]	約 100 ~ 1,800 [Hz]	約 500 ~ 5,800 [Hz]
40 [mm]	約 200 ~ 4,800 [Hz]	約 1,000 ~ 10,000 [Hz]

このような課題を解消するため、近年眞田らにより8マイクロホン法<sup>5-7)</sup>や16マイクロホン法<sup>8)</sup>と呼ばれる新しい測定法が提案され、これらの手法に対応した音響管が製品化されています<sup>9)</sup>(写真3)。一つの試験体で幅広い周波数帯域の結果を得ることが可能であるため(表1)、吸音性能評価の更なる効率化が期待されます。

[参考文献]

- 1) ISO 10534-2 Acoustic - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part2: Transfer-function method
- 2) JIS A 1405-2 音響管による吸音率およびインピーダンスの測定 - 第2部: 伝達関数法
- 3) ASTM E1050-19 Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System
- 4) ASTM E2611-19 Standard Test Method for Normal Incidence Determination of Porous Material Acoustical Properties Based on the Transfer Matrix Method
- 5) Sanada, A. Extension of the frequency range of normal incidence sound absorption coefficient measurement using four or eight microphones. Acoustical Science and Technology, 38(5), 261-263 (2017)
- 6) Sanada, A. Iwata, K. Nakagawa, H. Extension of the frequency range of normal-incidence sound absorption coefficient measurement in impedance tube using four or eight microphones. Acoustical Science and Technology, 39(5), 335-342 (2018)
- 7) Sanada, A. Iwata, K. Nakagawa, H. High-frequency measurement of normal-incidence sound absorption coefficient using eight microphones. Proceedings of ICSV 25, pp. 3225-3232. Hiroshima, Japan, August 2018
- 8) Nakagawa, H. Sanada, A. Extension of frequency range of the sixteen-microphone method in normal-incidence sound transmission loss measurement. Proceedings of Internoise 2022, Glasgow, August 2022
- 9) 日本音響エンジニアリング株式会社  
「広帯域対応 垂直入射吸音率測定システム WinZac 8」  
<https://www.noe.co.jp/business/acoustic-measurement/services/amc-ms/winzac-eight.html>