

# 板ガラスの斜め入射音響透過損失に関する実験的検討

## その2 斜め入射音響透過損失の算出方法に関する検討



松岡 明彦 \*1

大阪谷 彰 \*2

山内 崇 \*1

小林 正明 \*1

### 概 要

板ガラスの音響透過損失は、ガラスの大きさ、固定方法、構造（単板や複層など）が及ぼす影響とともに、入射角によっても大きく変化する。そのため、建物に近接した騒音源が存在する場合の室内騒音計算には、従来の残響室法音響透過損失ではなく、入射角に応じた斜め入射音響透過損失が必要である。既報<sup>4)</sup>では、板ガラスに関する斜め入射音響透過損失の測定を行い、残響室法音響透過損失と異なる結果となることを報告した。

本報では、実験室における斜め入射音響透過損失の算出方法に関する検討を行った。

### An experimental study on oblique incident sound reduction index of flat glass Part2 Study on calculation method of oblique incident sound reduction index

Akihiko MATSUOKA \*1

Akira OSAKAYA \*2

Takashi YAMAUCHI \*1

Masaaki KOBAYASHI \*1

About the sound transmission loss of the flat glass, it is reported about the influence of size of the glass, fixed method of glass, the kind of glass, till now. The position of buildings and noise sources, can not ignore the impact of the incident angle to the glass, which can result in very different circumstances might sound insulation performance of glass. In the previous report<sup>4)</sup>, we reported that oblique incident sound reduction index of flat glass differ from the reverberation room method.

In this study, we examined the calculation method of the oblique incidence sound reduction index.

\*1 技術研究所 \*2 技術企画部

\*1 Technical Research Institute \*2 Department of Research Planning and Management

# 板ガラスの斜め入射音響透過損失に関する実験的検討

## その2 斜め入射音響透過損失の算出方法に関する検討

松岡 明彦\*<sup>1</sup> 大阪谷 彰\*<sup>2</sup>  
山内 崇\*<sup>1</sup> 小林 正明\*<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年は室内音環境に対する関心が高まり、建物用途に合わせて室内騒音レベルの設計目標値が定められる機会が多い。そのため、建物外部の環境騒音に対してはサッシやガラスの遮音性能が重要な検討項目となっている。

環境騒音に対する居室内騒音を検討する際は、通常、当該敷地周辺で建設工事前に得られた測定データを音源とし、開口部の遮音性能には、JIS A 1416に基づいて測定された残響室法音響透過損失を使用するのが一般的である。

板ガラスの音響透過損失については、ガラスの大きさ、固定方法、構造（単板や複層等）が及ぼす影響とともに<sup>1,2)</sup>、入射角によっても大きく変化することが報告されている<sup>3)</sup>。すなわち、騒音源が建物に近接して存在する場合の室内騒音計算には、従来の残響室法音響透過損失ではなく、入射角に応じた斜め入射音響透過損失が必要である。

既報<sup>4)</sup>では、無響室を音源室、残響室を受音室とし、JIS A 1430：2009に準じて4種類の板ガラスに関する斜め入射音響透過損失の測定を行い、残響室法音響透過損失と異なる結果となることを報告した。

本報では、実験室における斜め入射音響透過損失の算出方法に関する検討を行った。

### 2. 実験概要

試験体に対する音の入射角を一定とするため、無響室を音源室、残響室を受音室とした。実験室の概要を図-1に示す。

試験体への入射角は、0°（垂直入射）、45°、60°および70°とした。スピーカは、密閉式のフルレンジスピーカを採用し、試験体中央までの距離を4mとした。試験体およびスピーカ設置状況を図-2に示す。

なお、試験体は表-1に示すようにアルミ枠にシール固定した4種類の板ガラスとし、試験体周辺は図-2に示すように石膏ボードの壁をアルミ枠から独立させて設置した。

測定は、JIS A 1430：2009「建築物の外周壁部材及び外周壁の空気音遮断性能の測定方法」に準じ、無響室側の試験体試料面から10mmの点にマイクロホンを設置し、音源側の音圧レベルを測定するとともに、受音側には5点のマイクロホンを設置して平均音圧レベルの測定を行った。また、受音室の残響時間を測定し、等価吸音面積を求めた。測定位置概要を図-3に示す。

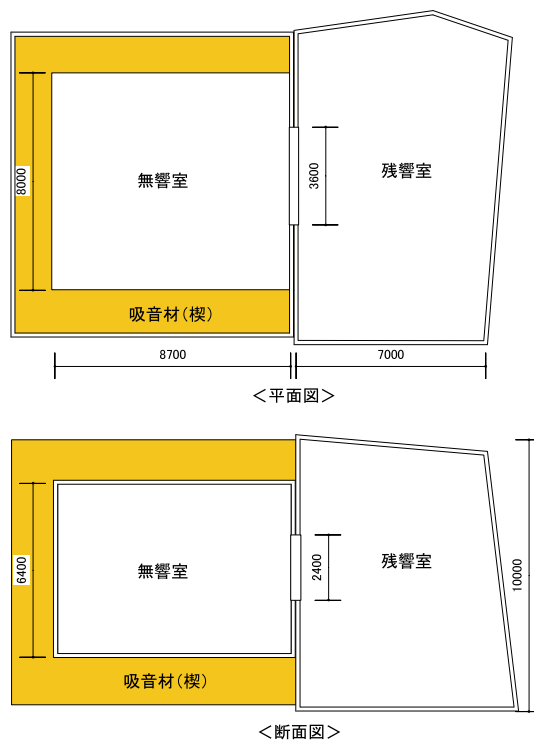


図-1 実験室概要（平面図）

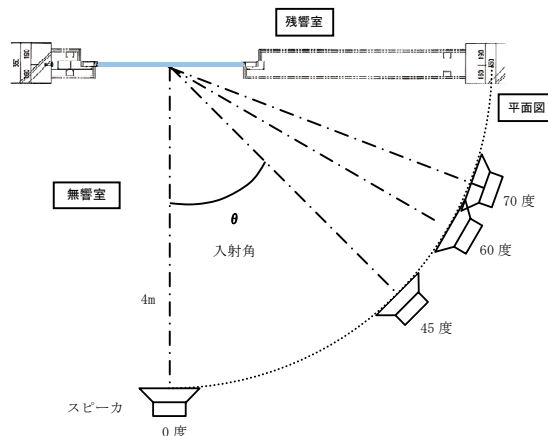
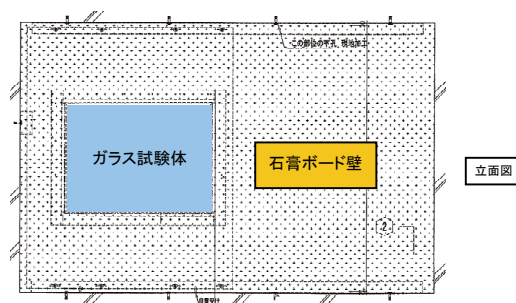


図-2 試験体およびスピーカ設置状況

\*<sup>1</sup> 技術研究所 \*<sup>2</sup> 技術企画部

### 3. 斜め入射音響透過損失の算出方法の検討

斜め入射音響透過損失の算出方法について、以下の2通りの方法を検討した。

- (1) スピーカからガラス面に一様に平面波が入射すると仮定した場合
- (2) JIS A 1430 : 2009 に準拠し、音源室のガラス面の実測値を用いた場合

(1) の算出方法の場合、斜め入射音響透過損失は、以下の式で求められる。

$$TL_{\theta} = SPL_0 - SPLi + 10 \log(\cos \theta) + 10 \log \frac{St}{A} + 6 \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで、

$TL_{\theta}$ : 斜め入射音響透過損失

$SPL_0$ : ガラス面に入射する音圧レベル

$SPLi$ : 受音室内平均音圧レベル

$\theta$ : ガラス面への騒音の入射角

$St$ : ガラス面積

$A$ : 受音室内吸音力

$SPL_0$  には、入射音圧レベルとして無響室内で反射音の影響のない状況で測定したスピーカから4m点における音圧レベルを用いた。

FL10mmのガラスの場合の結果を図-4に示す。また、JIS A 1416 : 2000「実験室における建築部材の空気音遮断性能測定方法」に基づく板ガラスの音響透過損失<sup>5)</sup>(以下、残響室法)もあわせて示す。

(2) の算出方法の場合、斜め入射音響透過損失は、以下の式で求められる。

$$TL_{\theta} = SPL_0 - SPLi + 10 \log(\cos \theta) + 10 \log \frac{St}{A} \quad \dots \textcircled{2}$$

ここで、

$SPL_0$ : ガラス面での音圧レベル (反射音含む)

図-5に②式による計算結果を示す。

図-4、図-5とも、垂直入射(0度)のコインシデンス周波数付近の落ち込みが小さく、入射角度の増大にとともに、コインシデンス周波数が低域に移動している。

本来、①式と②式の計算結果は等しくなることが望ましいが、入射角が大きくなるにしたがい、2kHz帯域以下の周波数帯域で②式による透過損失の計算結果の方が小さくなった。この原因として、音源室側の音圧レベルの値に差があることが考えられる。

表-1 試験体の種類

No	ガラス	サッシ枠	指示条件
1	FL6 (単板)	アルミ製	シール
2	FL10 (単板)	アルミ製	シール
3	L10 (防音合わせ 5+5)	アルミ製	シール
4	FL6+AS6+FL6 (複層)	アルミ製	シール

\*ガラス面積はすべて 1,250mm × 950mm

①式のスピーカから4m点における入射音圧レベルを基準とした場合の②式の音源室ガラス面の相対音圧レベルを図-6に示す。入射角が大きいほど、160Hz ~ 2kHz帯域でガラス面の音圧レベルが小さくなっており、無響室による一方向からの入射条件ではあるが、試験体周辺のニッシュ効果の影響があらわれていることが考えられる。

そこで、音源室側のガラス面の音圧レベルを詳細に把握するために、図-7に示すようにスピーカの高さにおけるガラス面の音圧レベルを100mmピッチで測定した。その結果を図-8に示す。

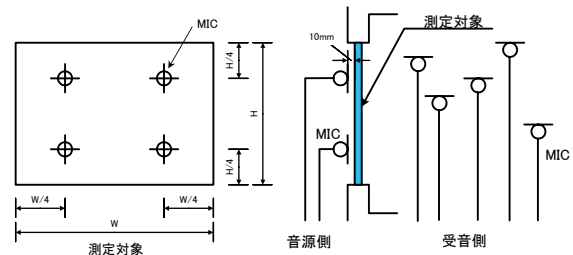


図-3 測定位置概要図

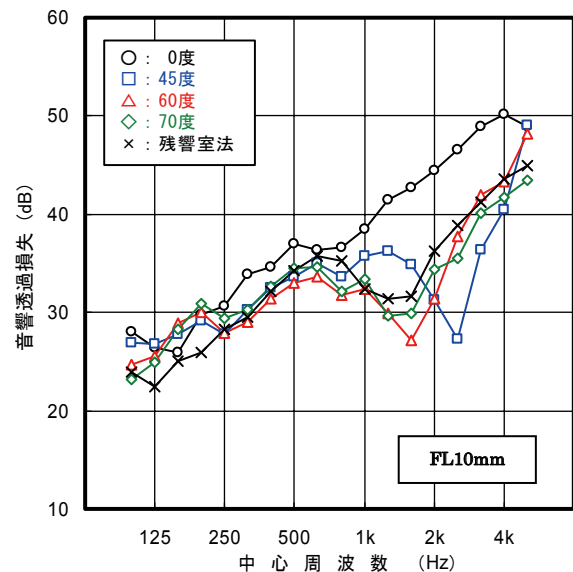


図-4 ①式で求めた斜め入射音響透過損失

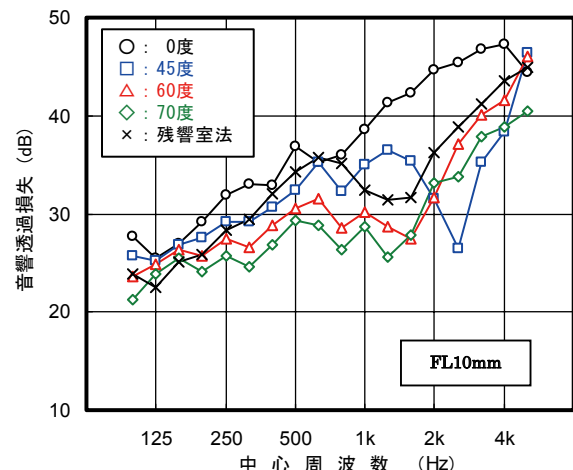


図-5 ②式で求めた斜め入射音響透過損失

1kHz以上の高音域は、入射角が大きくなるほど、ボード壁のエッジの回折の影響により、エッジ近傍の測定点で音圧レベルが小さくなっているが、ガラス面全体のエネルギー平均値を考えた場合、高音域の回折による低下量はそれほど大きな影響ではない。

一方、160Hz～2kHz帯域の中音域は、入射角が大きくなるほど、測定点全体で音圧レベルが低下していることがわかる。そのため、入射角が大きくなると、中音域で音源側のガラス表面の音圧レベルが相対的に低下し、この差が計算結果の差にあらわれたものといえる。

したがって、今回の試験体の施工状況における斜め

入射音響透過損失の算出方法は、ガラス表面の音圧レベルを測定して求める②式を用いることが妥当と考えられる。

#### 4. 各試験体の斜め入射音響透過損失測定結果

図-9に各試験体について、各入射角における斜め入射音響透過損失を②式を用いて算出した結果を示す。また、残響室法に基づく板ガラスの音響透過損失もあわせて示す。なお、このグラフは既報<sup>4)</sup>で示した測定結果を再記している。

既報<sup>4)</sup>でも述べたように、FL6mmのガラスについては、コインシデンス効果を考慮した斜め入射音響透

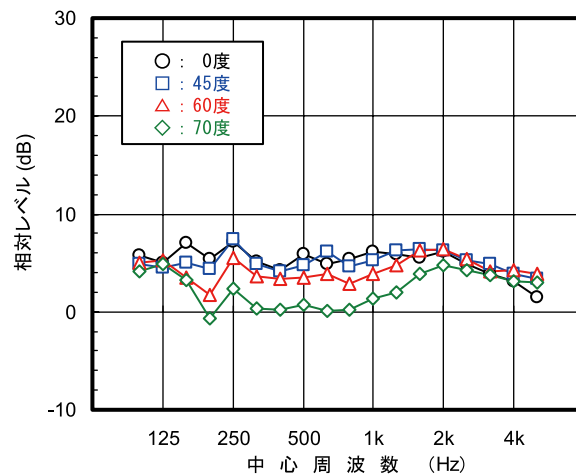


図-6 音源室ガラス面の相対音圧レベル

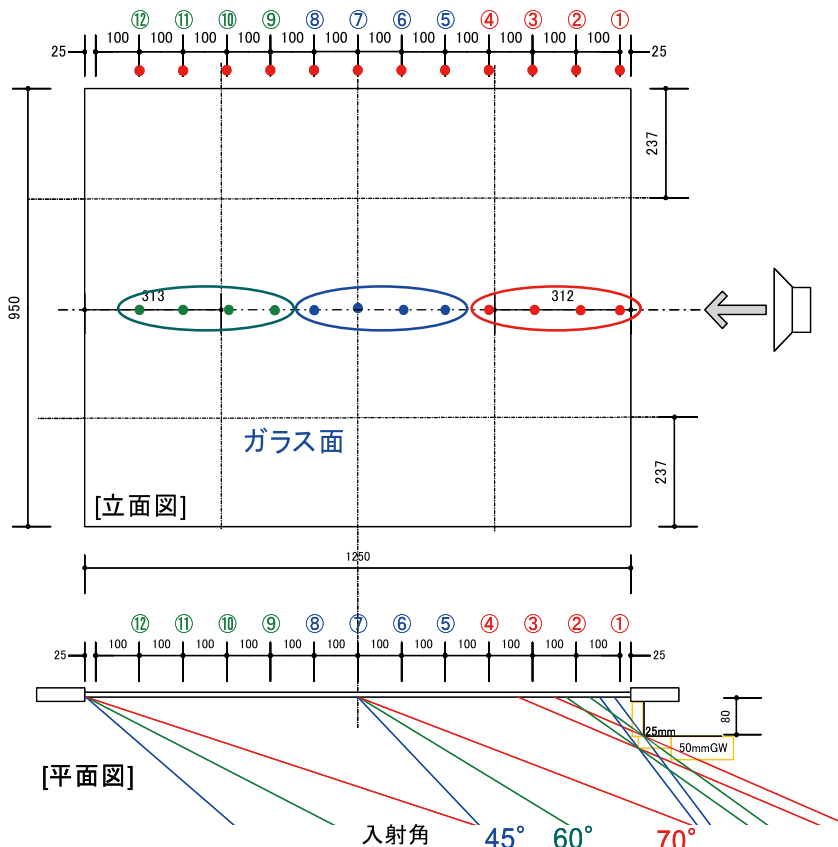


図-7 ガラス表面の音圧レベル詳細測定点

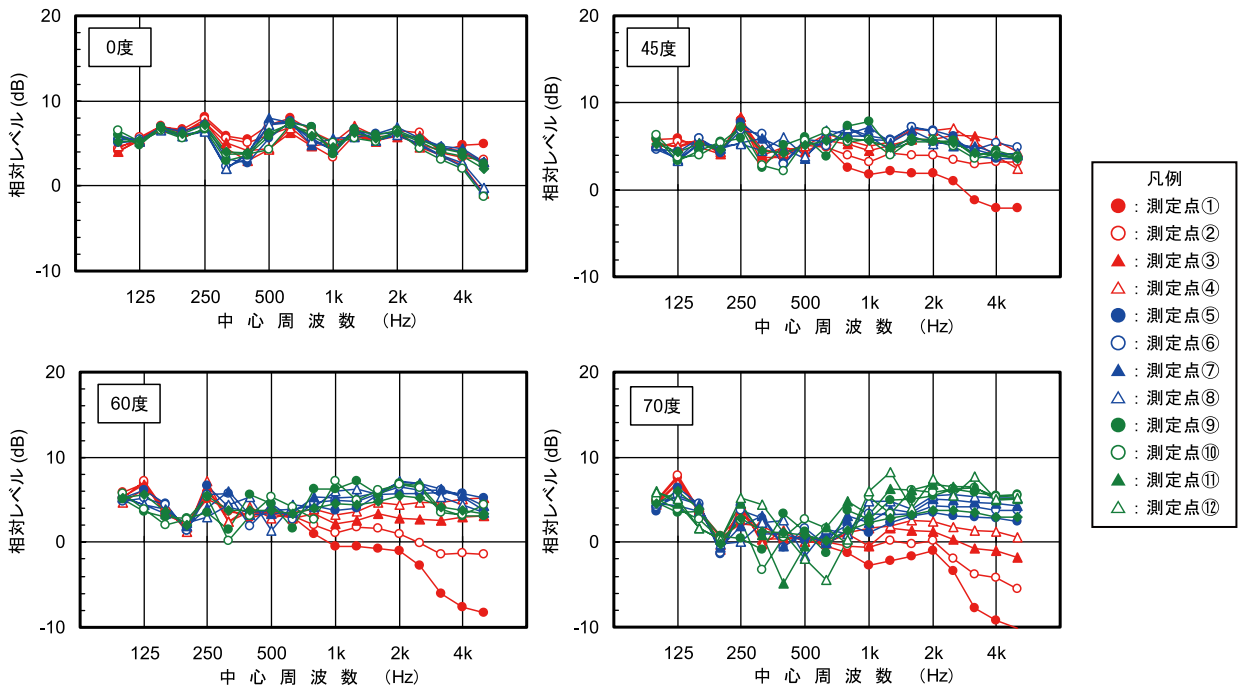


図-8 ガラス表面の音圧レベル詳細測定結果

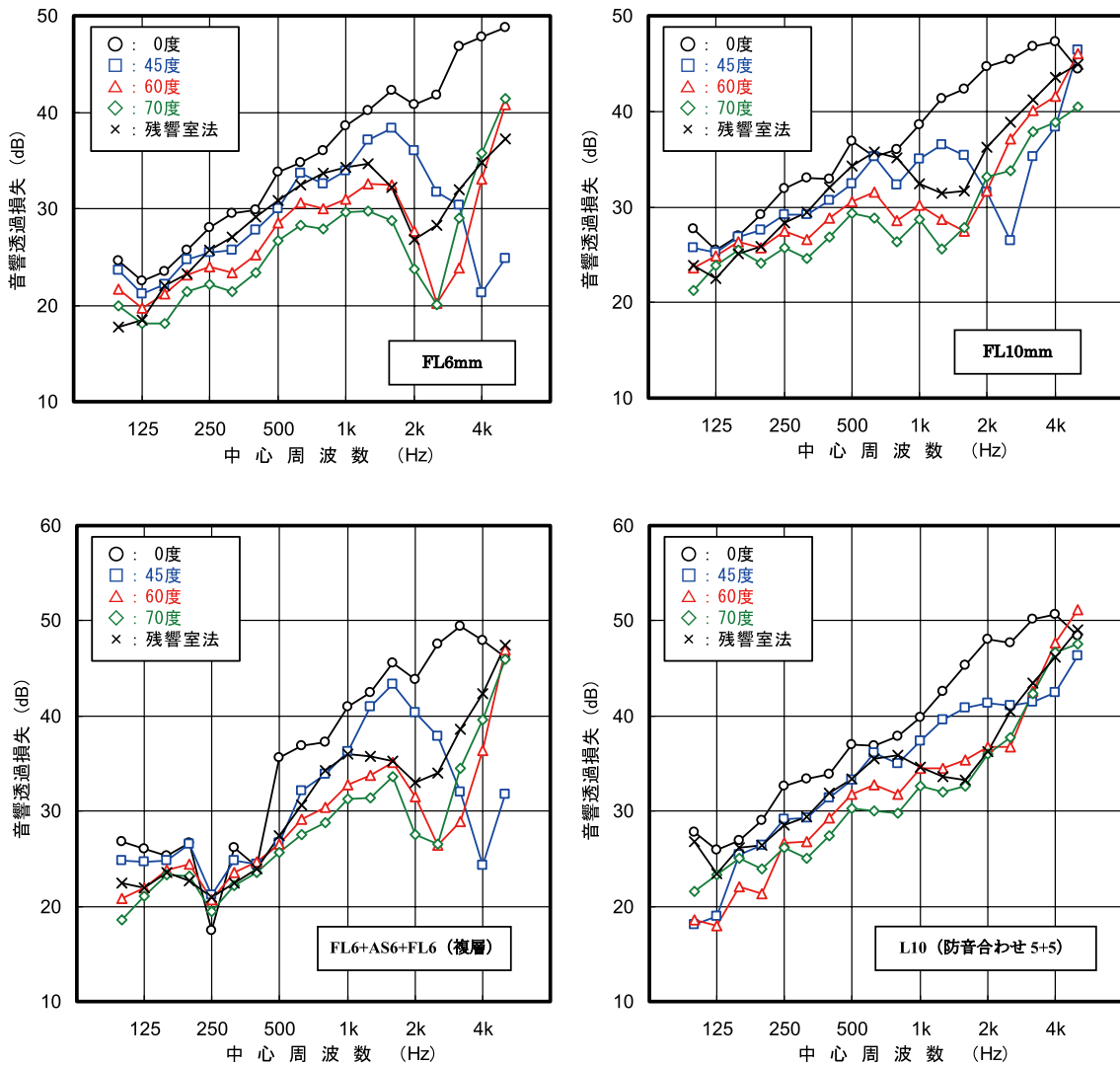


図-9 音響透過損失測定結果

過損失を以下の式<sup>6)</sup>によって求め、各入射角における計算結果と実測結果のコインシデンス周波数がほぼ一致することが確認されている。

$$\tau_{\theta} = \frac{1}{1 + \frac{Z_w}{2\rho_0 c_0} \cos\theta}$$

$$TL_{\theta} = 10 \log \left| 1 + \frac{Z_w}{2\rho_0 c_0} \cos\theta \right|^2$$

$$Z_w = j\omega m \left\{ 1 - (B + j\eta B) \frac{\omega^2}{m c_0^4} \sin^4 \theta \right\}$$

$$= \eta B \frac{\omega^3}{c_0^4} \sin^4 \theta + j\omega m \left( 1 - \frac{B}{m} \frac{\omega^2}{c_0^4} \sin^4 \theta \right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

$\tau_{\theta}$ : 入射角  $\theta$  の斜め入射透過係数

$\rho_0$ : 空気の密度

$c_0$ : 空気中の音速

$TL_{\theta}$ : 斜め入射透過損失

$Z_w$ : 壁体のインピーダンス

$j$ : 虚数単位

$\omega$ : 各周波数

$m$ : 面密度

$\eta$ : 損失係数

$B$ : 壁体の曲げ剛性

## 5. まとめ

無響室を音源室、残響室を受音室とした実験室における板ガラスの斜め入射音響透過損失の測定を行い、板ガラスの斜め入射音響透過損失の算出方法について検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- ・板ガラスに入射する音圧レベルは、入射角が大きくなると板ガラス周辺部の回折減衰やニッシュ効果の影響を受け、ガラスに入射する音圧レベルはスピーカから等距離の直接音の音圧レベルよりも低下し、受音室の音圧レベルにも影響する。
  - ・音源側にニッシュが存在する場合、斜め入射音響透過損失を求める際は、音源側のガラス面の音圧レベルを用いて算出する必要がある。
  - ・音源室で斜め入射の条件を成り立たせるためには、音源室側のニッシュ深さを小さくする必要がある。
- 今後も試験体の設置方法等に留意するとともに、データの蓄積が必要である。

## 【謝辞】

本実験に際し、日本板硝子環境アメニティ株式会社、日本板硝子ビルディングプロダクツ株式会社、新日軽株式会社の関係各位にご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

## 【参考文献】

- 1) 近江伸他、板ガラスの音響透過損失－その1サイズ効果－、日本音響学会学術講演梗概集、2007.08
- 2) 吉村純一他、板ガラスの音響透過損失－その2ガラス支持条件の影響－、日本音響学会学術講演梗概集、2007.08
- 3) 杉江聡他、建具の遮音性能の現場測定方法に関する検討、日本音響学会学術講演梗概集、2003.09
- 4) 松岡明彦他、板ガラスの斜め入射音響透過損失に関する実験的検討、戸田建設技術研究報告第36号、2010
- 5) 板硝子協会編、板ガラスの遮音性能、2000.03
- 6) 笹尾博行、Excelによる音響解析入門－音響構造特性の解析－(3) Excelによる遮音構造の解析、空気調和・衛生工学第80巻第11号、2006.11