

# IMO船内騒音規則改正に対応した仕切り材の 防音性能に関する調査研究

一般財団法人日本海事協会

川崎重工業株式会社

ジャパンマリンユナイテッド株式会社

住友重機械マリンエンジニアリング株式会社

長崎船舶装備株式会社

三井造船株式会社

三菱重工業株式会社

# 目次

---

1. はじめに
2. 本調査研究の目的
3. IMO船内騒音規則改正の概要
4. 試験方法
5. 試験結果
6. まとめ

# 1. はじめに

# 1. はじめに

## 背景

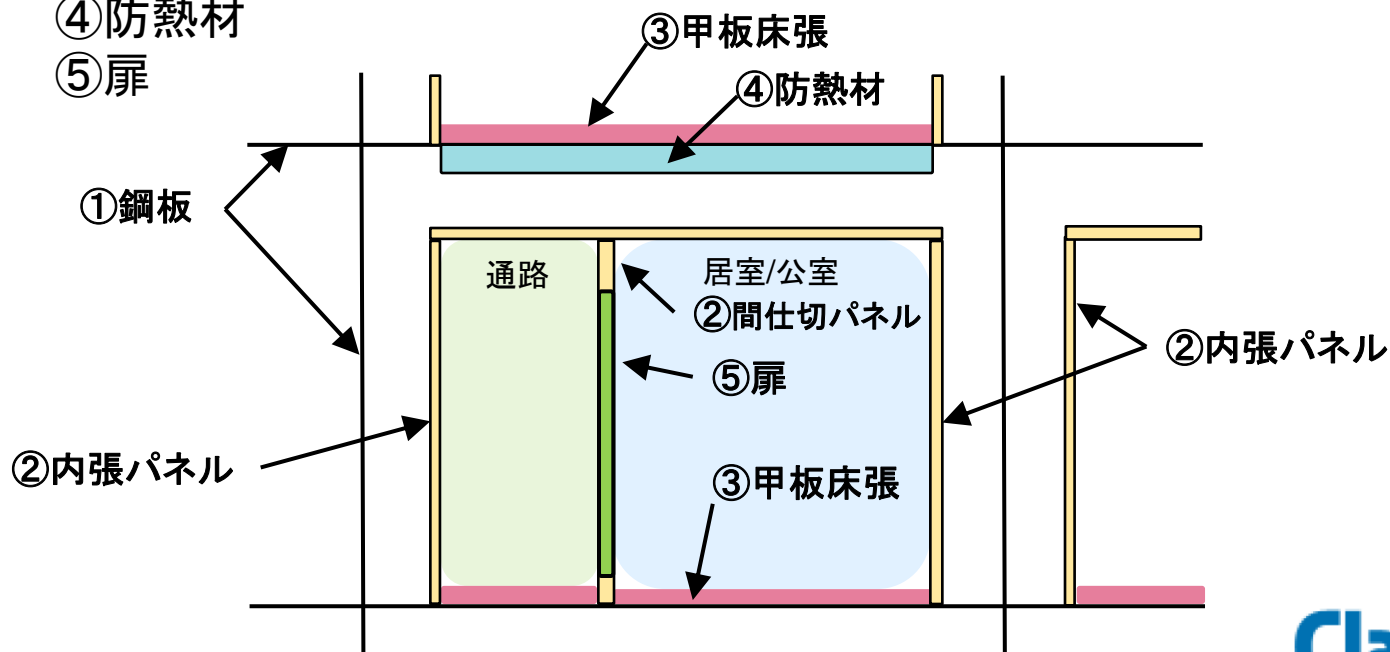
- 2007年10月のIMO第83回海上安全委員会(MSC83)にて、従来の任意騒音規制(Res.A.468(XII))を強化かつ義務化すべきとの欧州共同提案があり、その後日本も含めた関係国間での見直し協議を経て、2012年11月のMSC 91にて正式に採択された新騒音規則は、1,600GT以上の新造船に於いて以下のいずれかに該当する船舶に適用される。
  - ・2014年7月1日以降の建造契約
  - ・2015年1月1日以降の起工(建造契約が無い場合)
  - ・2018年7月1日以降の引渡し
- 新騒音規則では、各区画の騒音レベル基準値や船員の騒音暴露限界とともに、第6章で居住区域の仕切り材(隔壁、甲板)の防音(遮音)性能についても重み付き音響透過損失( $R_w$ )が規定される。
- 仕切り材の遮音性能については、規則で定められた試験方法で計測する必要がある。

# 1. はじめに

## 仕切り材(隔壁、甲板)

- 遮音性能が要求される居住区域の仕切り材は一般的に以下の材料より構成される。

- ①鋼板(甲板、及び隔壁)
- ②間仕切、又は内張パネル
- ③甲板床張
- ④防熱材
- ⑤扉



# 1. はじめに

## 課題

- 従来、内張・間仕切パネル材については製造者が遮音性能のデータを一般的に持っている。  
しかし、他の材料については特に遮音性能が問題にされていない、鋼板等との組み合わせで仕切りが構成され材料単独での遮音試験ができないことなどから、業界として性能データがなく、新規則に対応できていないものが多い。
- 仕切り材の各構成材料について、遮音性能の計測に関しては以下が課題になっており、業界の取り組みが必要。
  - ✓ 具体的な試験方法や各製品の設置方法など試験取扱の明確化
  - ✓ ベースとなる鋼板や材料を組み合わせた構造(甲板床張等)の試験取扱
  - ✓ メーカーが規則要求を満たす製品を開発するにあたり、目安となる既存材料の遮音性能データ

---

## 2. 本調査研究の目的

## 2. 本調査研究の目的

- 本研究では、新騒音規則に定められた仕切り材の遮音性能について、以下を実施し、製造者の試験準備促進と試験結果を活用した開発、規則運用等により今後の関連業界の活動に役立てることを目的とする。
  - ✓ 規則要求の調査 (3.1, 3.2章)
  - ✓ 遮音性能の特性、注意点の調査(3.3章)
  - ✓ 一般的に使用されている仕切り材について遮音試験を実施し、実際の試験設備での具体的な試験手順や試験材料製作/設置方法の確認(4.2, 4.3章)
  - ✓ 既存の鋼板、床材、パネル、扉等の遮音試験を行い今後の製品開発の目安となる重み付き音響透過損失( $R_w$ )を基礎データとして整備 (5章)
  - ✓ 鋼板とパネル、パネルと扉等、実際の船内に用いられる組合せ構造の遮音性能を計測し、具体的な取り扱い及び認定要領の確立を検討する上での技術的考察(5,6章)



### 3. 新騒音規則の概要

## 3.1. 新騒音規則の構成

### (1) 新騒音規則の構成

- 下表の通り、第1章から第7章までの本文と付録1から4までで構成される

第1章	総則
第2章	計測装置
第3章	計測条件
第4章	騒音レベル基準値
第5章	騒音暴露限界
第6章	居住区画の遮音
第7章	耳保護具の要件及び警告表示
付録1	騒音調査報告書の書式
付録2	騒音問題の安全管理システムへの統合に関するガイダンス
付録3	騒音減衰の推奨方法
付録4	騒音暴露を決定するための簡易手法

- 新騒音規則中、以下は勧告扱い(以下以外は義務化事項)  
1.3.2項、1.3.3項、3.4.2項、3.4.3項、5章全体、6.3項、7.3項、付録2～4

## 3.1. 新騒音規則の構成

### (2) 第4章と第6章の違い

- 第4章は「区画毎の最大“騒音”レベル」を定めている
  - ⇒ 騒音：主機等の騒音源からの音や振動により、その区画で聞こえる音の煩さの度合い
- 第6章は居住区域に用いる「仕切り材に一定以上の“遮音”性能を持つ」ことを定めている
  - ⇒ 遮音：隣室や通路での話し声等をどれだけ遮ることが出来るかの度合い
- 第4章と第6章の規制内容に直接の関係はないので、次の様な誤解をしてはならない
  - ① 第4章の最大“騒音”レベルを満足していれば、居住区域に使っている仕切り材の“遮音”性能は考慮する必要がない
  - ② 第6章に定める一定以上の“遮音”性能を持った仕切り材を居住区域に用いて船を建造したので、第4章の区画毎の最大“騒音”レベルは満足する筈だ

## 3.2. 第6章「居住区画の遮音」の内容

### (1) 規則内容

- 隣り合う区画が下表の4ケースに当て嵌まる場合は、その境界(壁・床)に重み付き音響透過損失( $R_w$ )以上を満足する仕切り材を設けること

隣接する区画の組合せ	規定値(単位：dB)
居室と居室の間	$R_w=35$
食堂、娯楽室、公共及び娯楽区域と居室及び病室の間	$R_w=45$
通路と居室の間	$R_w=30$
居室と連絡扉のある居室の間	$R_w=30$

## 3.2. 第6章「居住区画の遮音」の内容

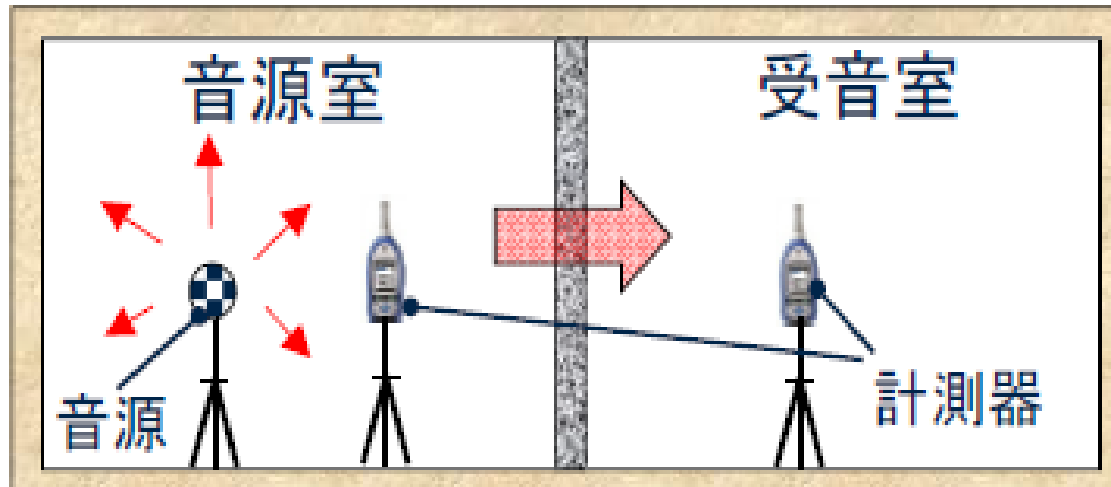
### (1) 規則内容

- 仕切り材の重み付き音響透過損失( $R_w$ )は、本規則で参照されるISO規格に従った手順で試験を行って得た実測値を、参照されるISO規格に従った手順で性能評価した値を用いること

試験所の規格:ISO10140-2:2010

性能評価方法:ISO717-1:1996

(ISO717-1:2006で修正)



## 3.2. 第6章「居住区画の遮音」の内容

### (2) 第6章に対する懸念事項

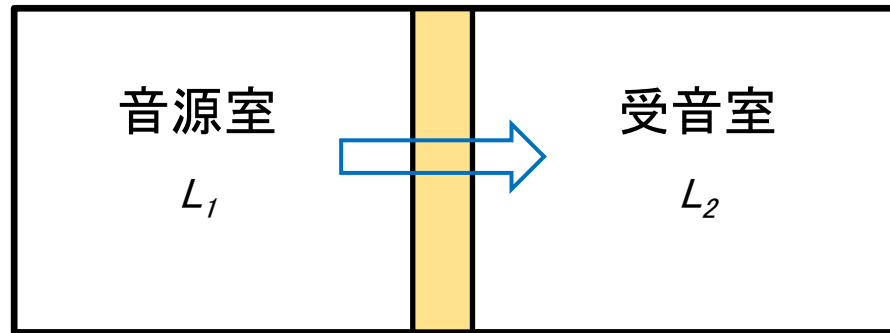
- 第4章のインパクトが大きい(騒音レベル基準値が任意から義務になった  
うえ、概ね5dB(A)厳しくなる)  
⇒ 第6章の存在が薄れ業界の理解が不十分
- 第6章で定められる遮音規則に対応した仕切り材が少ない  
⇒ 居住区内装の設計・コストに制約
- 細かな試験取扱要領が定まっていない  
⇒ 遮音材料の試験準備が進まない
- 鋼板・甲板の試験を行う当該者が不明  
⇒ 誰が試験を実施するのか曖昧なまま放置される恐れ
- 対象となる居住区画が明確ではない  
⇒ 居住区全体配置・コストに大きな影響を及ぼす可能性有り

### 3.3. 遮音性能の概要

#### (1) 遮音

- 音を反射または吸収させて、透過させ難くする度合い
- 遮音度 ( $L_1 - L_2$ ) は下式で求められる

$$L_1 - L_2 = TL - 10 \log_{10}(S/A)$$



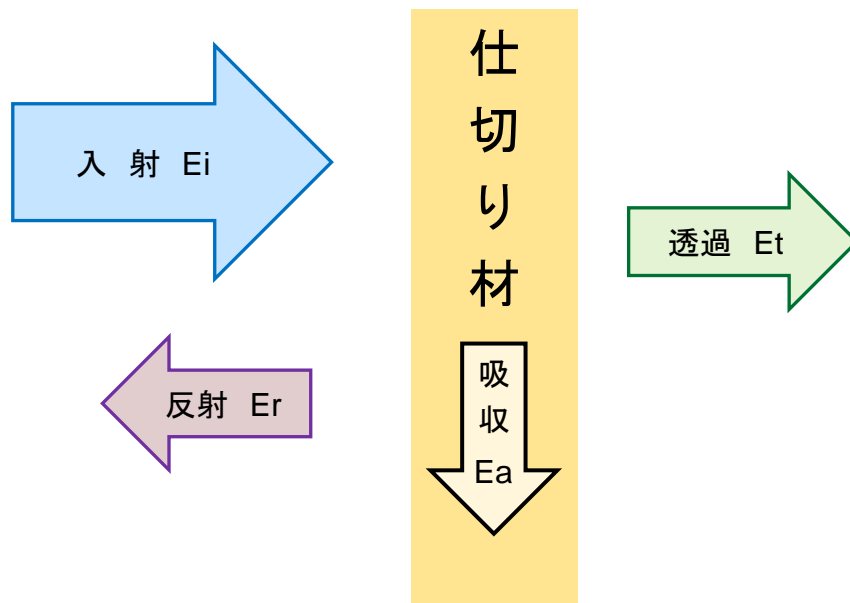
- $L_1$  : 音源室における平均音圧レベル(dB)
- $L_2$  : 受信室における平均音圧レベル(dB)
- $S$  : 透過部の面積 ( $m^2$ )
- $A$  : 受信室の等価吸音面積 ( $m^2$ )
- $TL$  : 音響透過損失(dB)

### 3.3. 遮音性能の概要

#### (2) 音響透過損失

- 仕切りに入射する音がどれだけ遮音したかを表す値
- 音響透過損失 ( $TL$ )は下式で求められる

$$TL = 10 \log_{10}(E_t/E_i)$$



$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

$E_i$  : 入射する音のエネルギー

$E_r$  : 反射する音のエネルギー

$E_a$  : 内部吸収される音のエネルギー

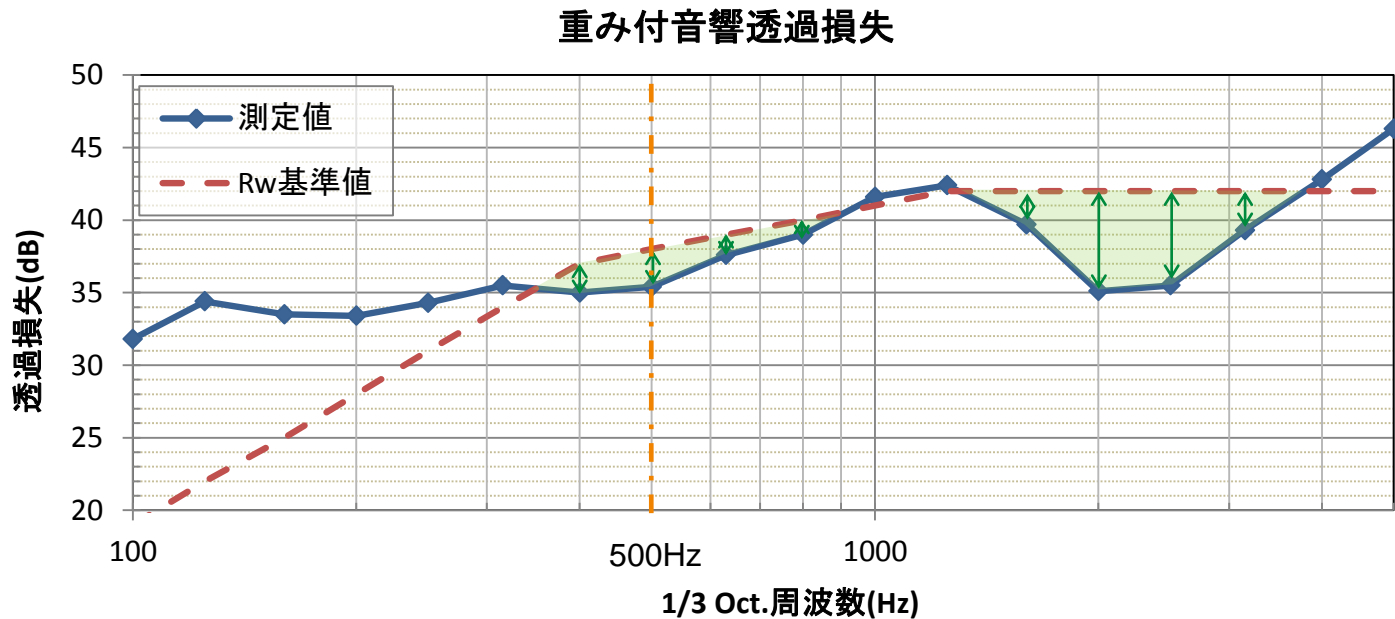
$E_t$  : 透過する音のエネルギー



### 3.3. 遮音性能の概要

#### (3) 重み付き音響透過損失(Rw)

- 各周波数における測定値をプロットして結んだ曲線に対し、基準曲線を1dBステップで上下させて、基準曲線を下回る値の総和が1/3オクターブバンド測定で32dBを上回らない範囲で出来るだけ大きくなる場所まで移動させた時の基準曲線の500Hzでの値



### 3.3. 遮音性能の概要

#### (4) 質量則

- 透過損失は遮音材料の質量(面密度)と周波数の積の対数に比例する
- これを質量則と言い透過損失( $TL_m$ )は下式が用いられることが多い

$$TL_m = 18 \log_{10} f \cdot m - 44$$

$f$  : 周波数(Hz)

$m$  : 面密度(kg/m<sup>2</sup>)

※面密度または周波数が2倍になれば、 $TL_m$ は5.4dB増加する  
※NK「船舶騒音防止指針」P47を参考とした

### 3.3. 遮音性能の概要

#### (5) コインシデンス効果

- 空気中を伝搬して入射する音波の音速が、仕切り表面を伝わる横波（屈曲波）の伝搬速度と一致して共振同様の現象になり、質量則よりも低い透過損失となる現象
- コインシデンス限界周波数※1 ( $f_c$ ) は下式で求められる  
※1 以下コインシデンス周波数と言う

$$f_c = 0.55 \frac{c^2}{t} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{E}}$$

$f_c$  : 周波数(Hz)

$c$  : 音速(m/s)

$t$  : 材料の厚さ(m)

$\rho$  : 密度(kg/m<sup>3</sup>)

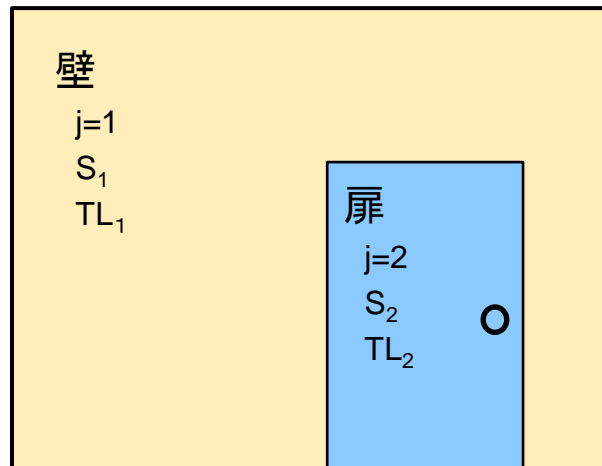
$E$  : ヤング率(N/m<sup>2</sup>)

### 3.3. 遮音性能の概要

#### (6) 総合音響透過損失

- 一つの仕切りに異なる構造が混在する場合の全体としての透過損失
- 総合音響透過損失( $TL$ )は下式で求められる

$$TL=10\log_{10}\left[S/\sum_{j=1}^n(S_j \cdot 10^{-TL_j/10})\right]$$



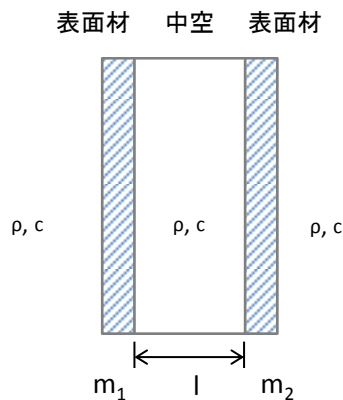
例: 壁にドアが付いた場合の立面図

- $n$ : 仕切りを構成する材料数
- $TL_j$ : 個々の音響透過損失(dB)
- $S_j$ : 個々の面積( $m^2$ )
- $S$ : 仕切りの面積( $m^2$ )

### 3.3. 遮音性能の概要

#### (7) 中空2重壁の共振

- 中空2重壁では空気層がばねとして作用し低音域において共振が起きる
- 無限に広がった壁と仮定した場合、共振周波数( $f_{ra}$ )は下式で求められる



中空2重壁

$$f_{ra} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{\rho c^2}{l}}$$

$l$ : 中空部の厚さ(m)

$m_i$ : 面密度(kg/m<sup>2</sup>)

$\rho$ : 密度(kg/m<sup>3</sup>)

$c$ : 音速(m/s)

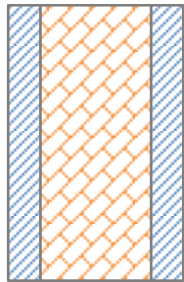
### 3.3. 遮音性能の概要

#### (8) 3層パネルの共振

- 表面材のヤング率よりも小さい材料を芯材に用いる場合、芯材がばねとして働き共振が起きる
- 共振周波数( $f_{ri}$ )は下式で求められる

$$f_{ri} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E_2}{t_2} \cdot \frac{2}{m_1}}$$

表面材 芯材 表面材



$t_1$	$t_2$	$t_1$
$m_1$	$m_2$	$m_1$
$E_1$	$E_2$	$E_1$

3層構造パネル

$t_i$ : 材料の厚さ(m)  
 $m_i$ : 面密度(kg/m<sup>2</sup>)  
 $E_i$ : ヤング率(N/m<sup>2</sup>)

## 4. 試験方法

## 4.1. 試験内容

一般的に使用されている材料および構成材について、以下の試験を実施した。

### 試験所: 小林理学研究所

- 壁・床に使用する鋼板単体の遮音試験
- 一次甲板床材を施工した鋼板の遮音試験
- 一般的な扉単体の遮音試験

### 試験所: Korea Marine Equipment Research Institute (KOMERI)

- パネルと鋼板の組み合わせの遮音試験
- パネル単体の遮音試験
- 扉付きパネルの遮音試験



## 4.1. 試験内容

### 4.1.1. 壁・床に使用する鋼板単体の遮音試験

1	鋼板単体 (壁・床)	鋼板(6mm)
2		鋼板(7mm)
3		鋼板(8mm)
4		鋼板(10mm)

### 4.1.2. 一次甲板床材を施工した鋼板の遮音試験

5	鋼板+床材 (床)	鋼板(6mm) + 床材(6mm)
6		鋼板(7mm) + 床材(6mm)
7		鋼板(6mm) + 騒音対策A + 床材(6mm)
8		鋼板(6mm) + 騒音対策B
9		ロックウール(40mm) + 鋼板(6mm) + 床材(6mm)

## 4.1. 試験内容

### 4.1.3.一般的な扉単体の遮音試験

10	扉単体 (壁)	700mm 幅 B15 防火扉A (ルーバー開)
11		700mm 幅 B15 防火扉A (ルーバー閉)
12		800mm 幅 B15 防火扉A (ルーバー開)
13		900mm 幅 B15 防火扉A (ルーバー開)

### 4.1.4.パネル単体の遮音試験

14	パネル単体 (壁)	パネルA(50mm)
15		パネルB(25mm)
16		パネルC(50mm)

## 4.1. 試験内容

### 4.1.5. パネルと鋼板の組み合わせの遮音試験

17	鋼板+パネル (壁)	鋼板(6mm) + 隙間(50mm) + パネルA(50mm)
18		鋼板(6mm) + 隙間(50mm) + パネルB(25mm)
19		鋼板(6mm) + 隙間(25mm) + パネルA(50mm)
20		鋼板(6mm) + 隙間(75mm) + パネルA(50mm)
21		鋼板(6mm) + 隙間(50mm) + パネルC(50mm)

### 4.1.6. 扉の付いたパネルの遮音試験

22	パネル & 扉 (壁)	パネルA(50mm) & 700mm 幅 B15 防火扉B(ルーバー開)
23		パネルA(50mm) & 900mm 幅 B15 防火扉B(ルーバー開)

## 4.2. 試験手順

### 4.2.1 試験スケジュール

#### 小林理学研究所での試験

1日目	搬入、扉取り付け	
2日目	扉単体試験	10,11,12,13
3日目	床材施工	
4～6日目	養生・乾燥	
7～8日目	鋼板単体試験	1,2,3,4
9～10日目	鋼板+床材試験	5,6,7,8,9
11日目	撤収	

#### KOMERIでの試験

1～2日目	鋼板+壁パネル試験	17,18,19,20,21
3～4日目	パネル単体試験	14,15,16
5日目	パネル&扉試験	22,23

#### 国内試験所の場合

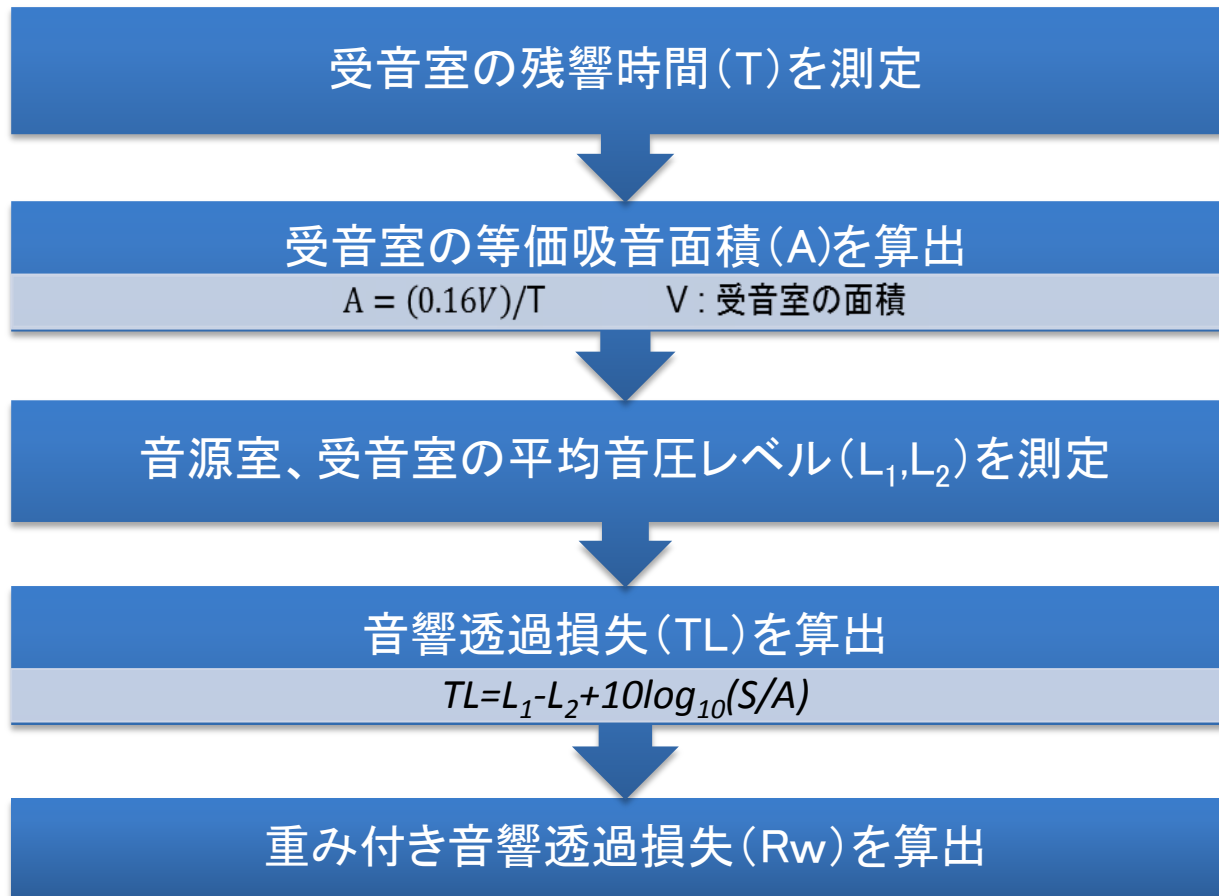
- 試験体の搬入・設置・撤去は全て試験発注者側の所掌。
- 鋼板試験体の搬入・設置用の設備・要領確認は重要。

#### KOMERIの場合

- 試験体の搬入・設置・撤去は指定業者に委託可能。

## 4.2. 試験手順

### 4.2.2 透過損失算出要領

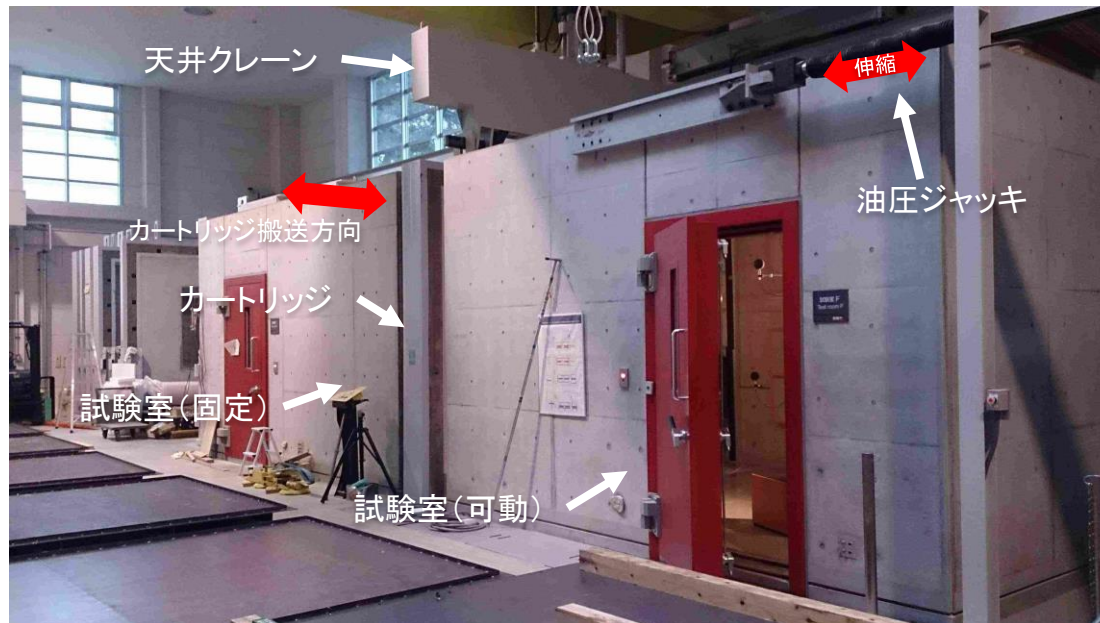


## 4.3. 試験材料の施工

### (1) 試験施設の概要

#### ●試験施設(1) - 小林理学研究所

- ・一方の試験室が油圧ジャッキによる可動式で2つの試験室の間隔を調整可能。任意の厚さの試料をセットできる



試験施設  
(小林理学研究所)

## 4.3. 試験材料の施工

- 試験施設(2) - 韓国造船海洋資機材研究院(KOMERI)
  - ・両試験室は固定で試料と試験室間はエアシールシステムで密閉される

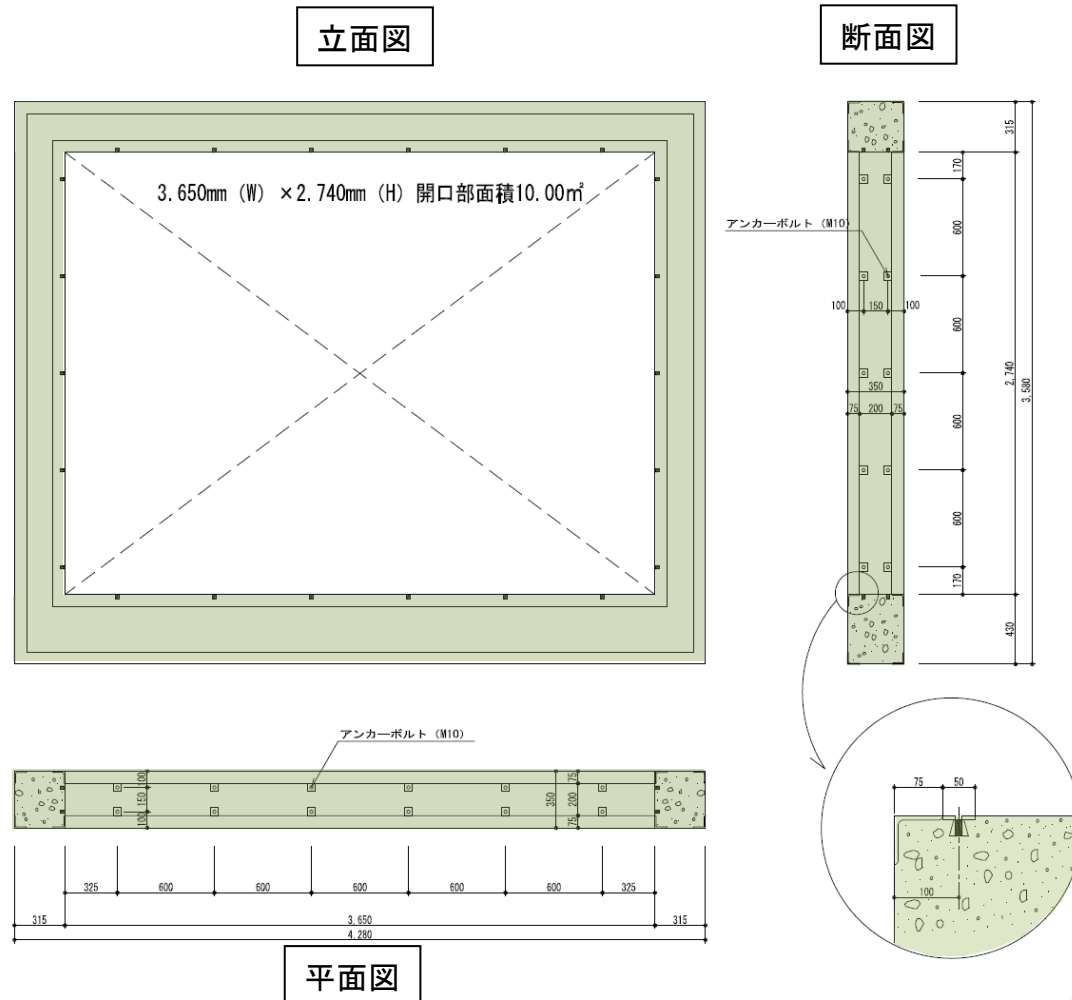


試験施設

(韓国造船海洋資機材研究院:KOMERI)

## 4.3. 試験材料の施工

### ●試験体カートリッジ 躯体：鉄筋コンクリート+鋼製枠

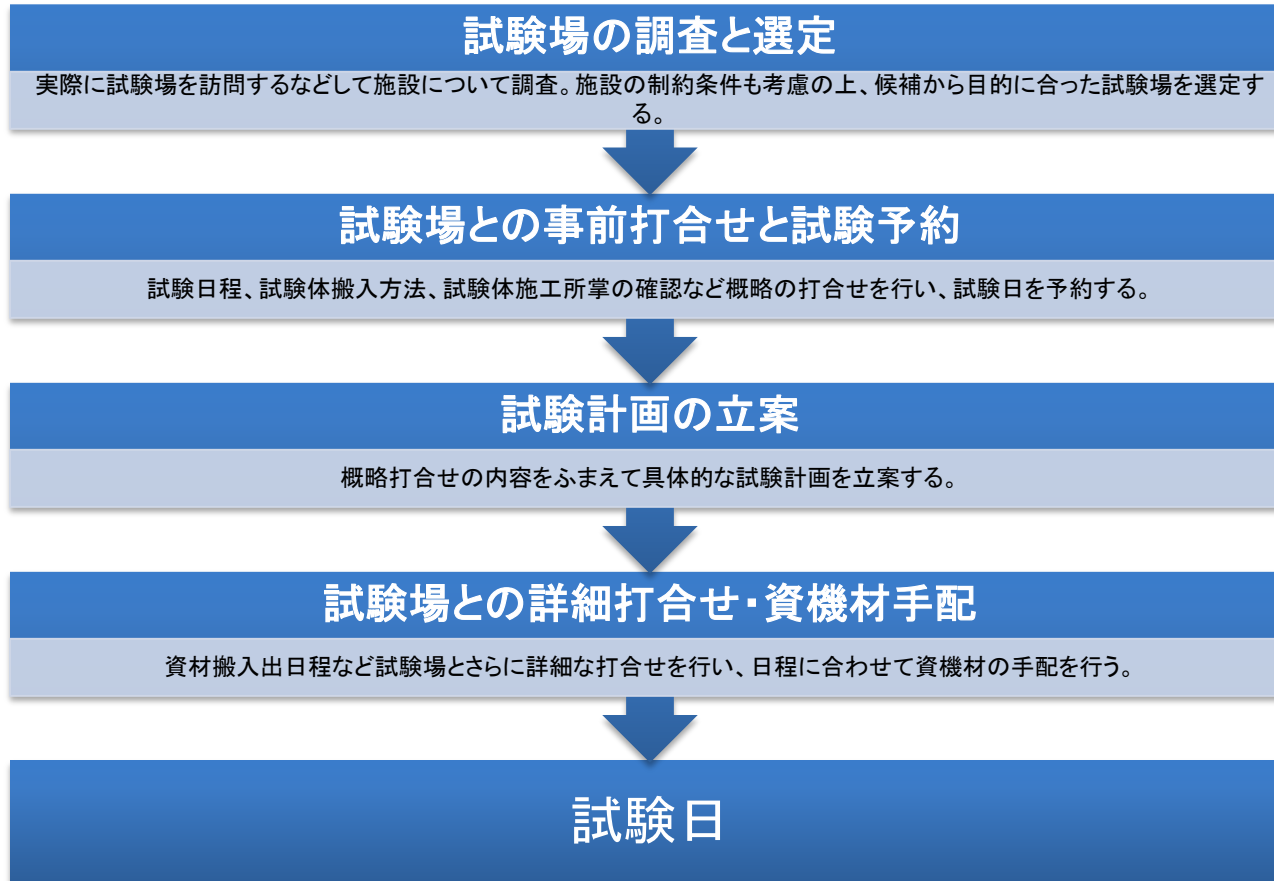


注) 本図は小林理研のカートリッジ図面



## 4.3. 試験材料の施工

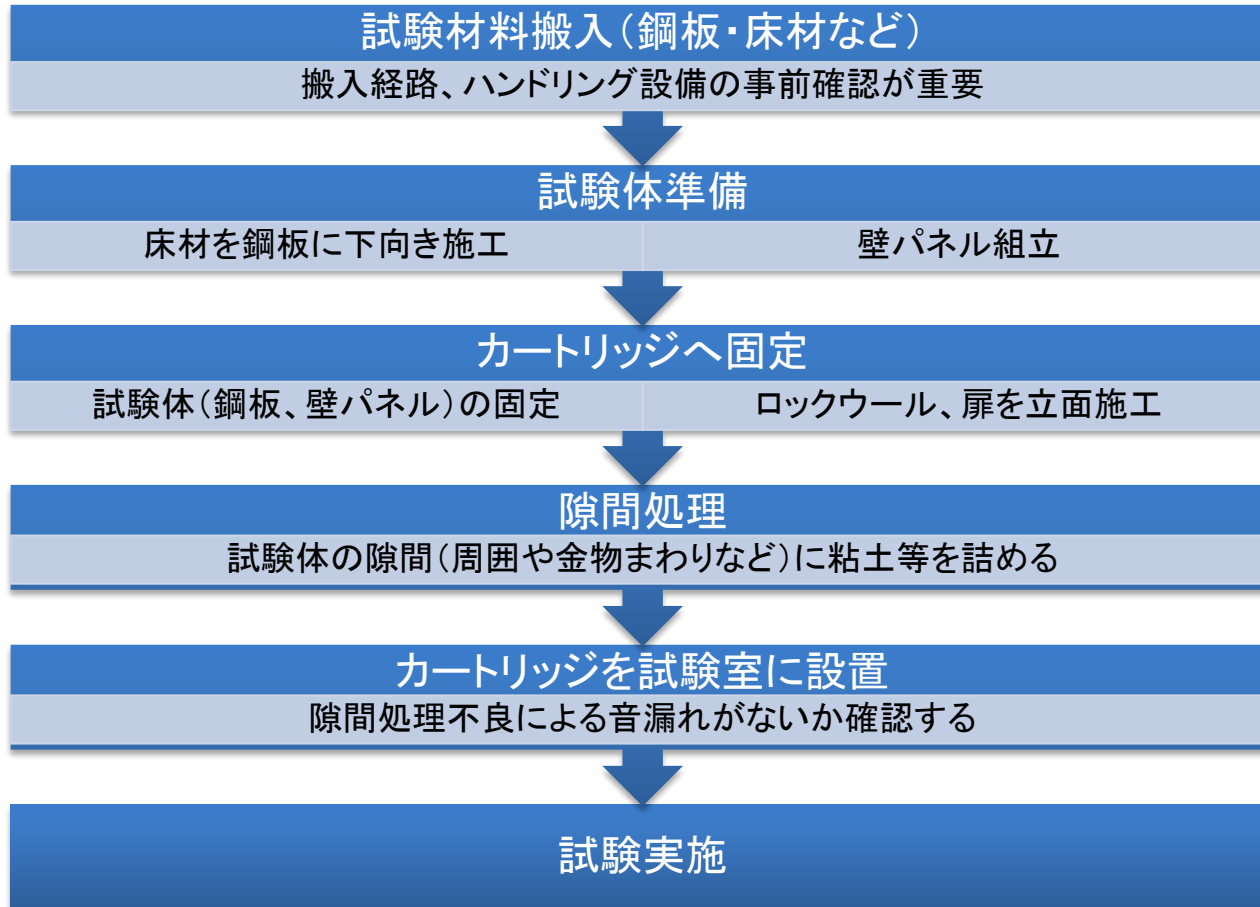
### ●試験準備の流れ



今回の共同研究では試験場の調査開始から試験実施まで約4か月を要した。

## 4.3. 試験材料の施工

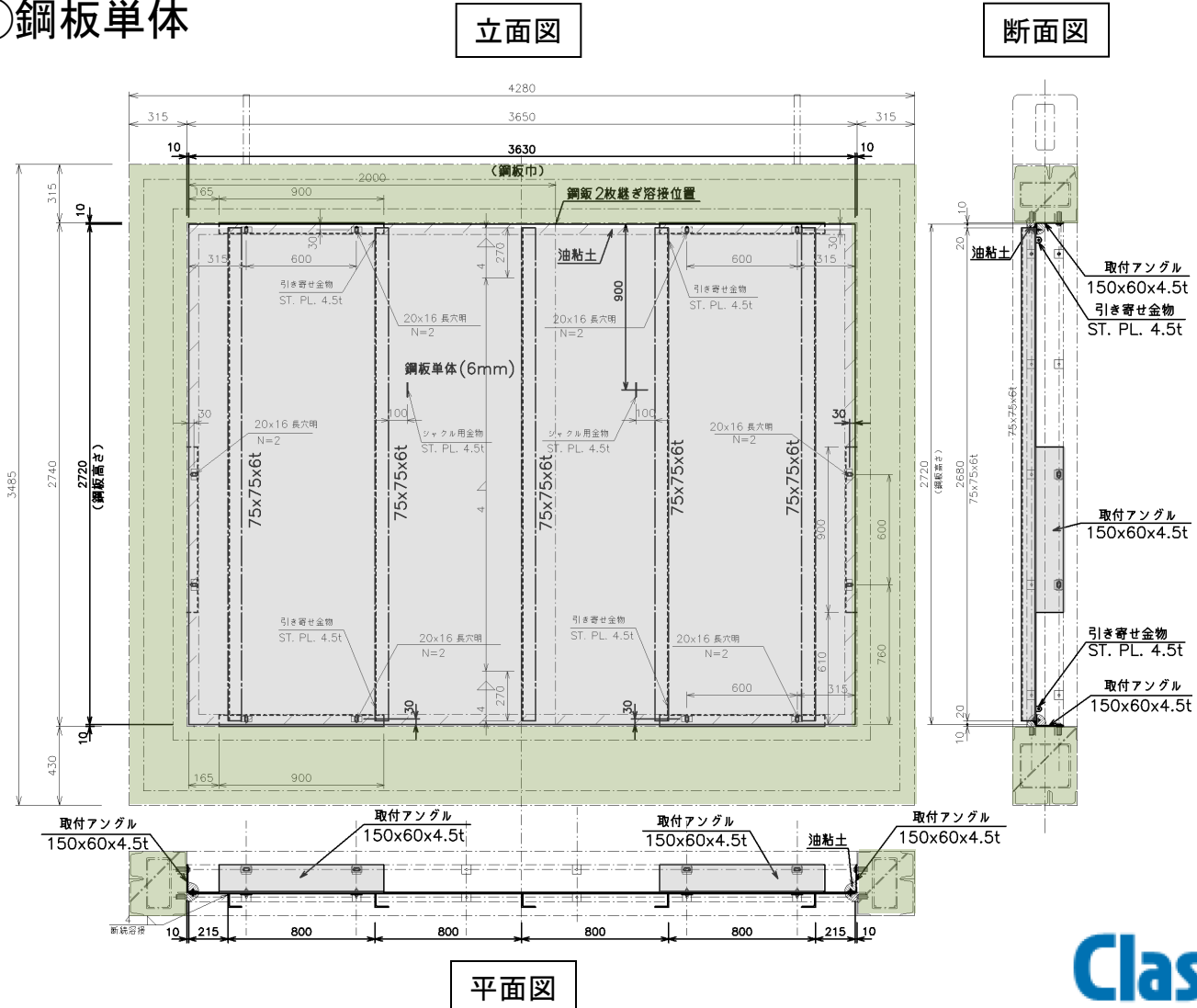
### ●試験材料施工の流れ



# 4.3. 試験材料の施工

## (2) 試験材料の設置

### ① 鋼板単体



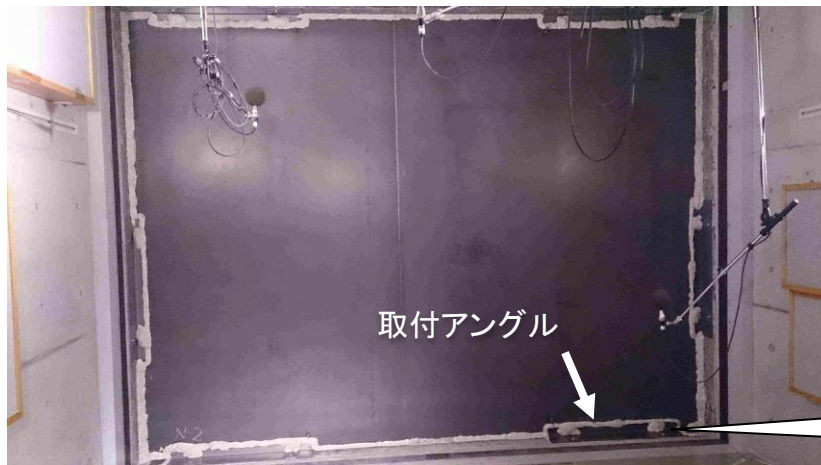
## 4.3. 試験材料の施工

### (2) 試験材料の設置

#### ① 鋼板単体



試験体 カートリッジ取付状況



試験室内設置状況

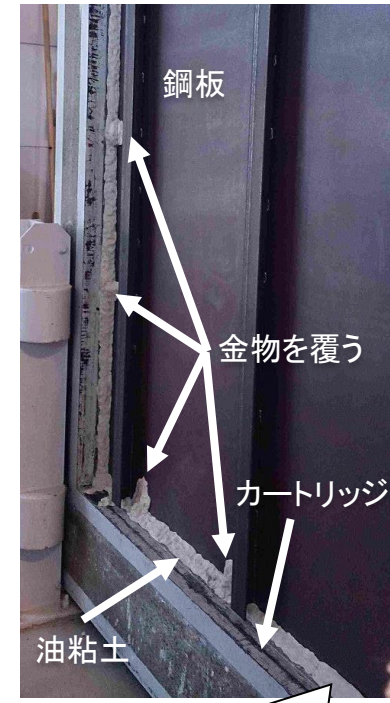
#### 油粘土施工例

油粘土施工前



カートリッジと試験体の間に隙間がある

油粘土施工後



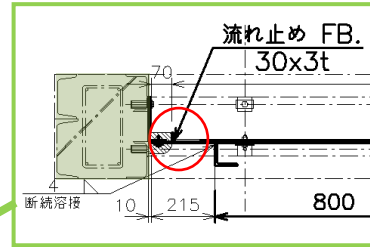
隙間をしっかりと油粘土で塞ぐ

## 4.3. 試験材料の施工

### (2) 試験材料の設置 ② 鋼板+床材



試験体 床材施工状況



流れ止めFB.詳細



試験体 カートリッジへの取付け



試験体 吊り上げ状況



試験室内設置状況

## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

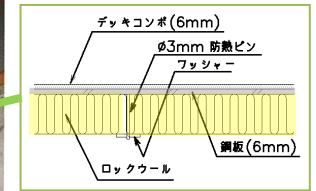
#### ③ 鋼板+床材+ロックウール



試験体 防熱ピン施工状況



試験室内設置状況 (ロックウール側)



試験体断面詳細



試験体 ロックウール施工状況



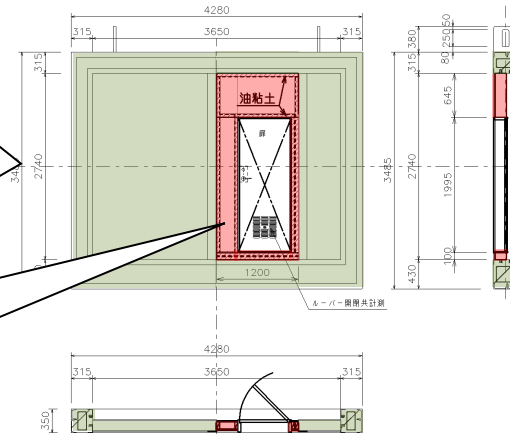
試験室内設置状況 (床材側)

# 4.3. 試験材料の設置

## (2) 試験材料の設置

### ④扉単体

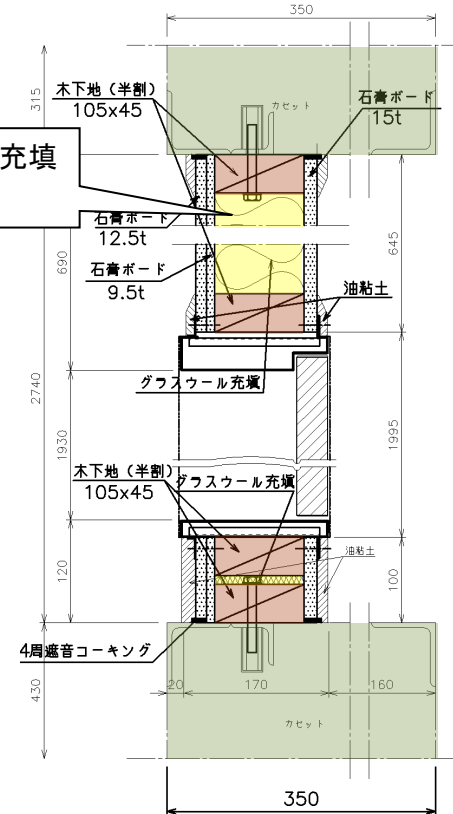
三面図



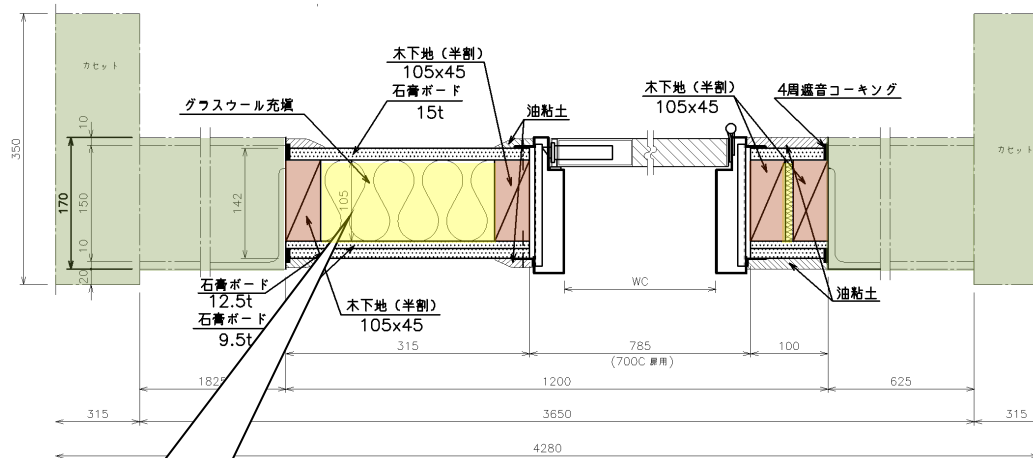
扉を設置する部分を除き開口が  
コンクリート壁(厚さ170mm)で塞  
がれた建具用カートリッジ(緑着  
色部)を使用した。  
(開口部1,200mm x 2,740mm)

開口部に扉寸法に合わせて仮想  
壁を石膏ボード、木材、グラス  
ウールを用いて製作した。  
(赤色着色部)

仮想壁断面図



グラスウールを充填  
(黄色着色部)



グラスウールを充填  
(黄色着色部)

仮想壁平面図

## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

#### ④ 扉単体

内部はグラスウールが充填されている。



試験体 扉単体 施工状況



完成した仮想壁内面

扉単体試験を行うカートリッジはあらかじめドアを設置する部分を除きコンクリート壁(厚さ170mm)で塞がれた建具用カートリッジを使用した(小林理研の場合)。試験場によってはこのような建具用カートリッジの用意がない場合、受験者がコンクリートブロック等で開口を塞ぐ必要がある。



## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

#### ④ 扉単体



仮想壁遮音試験

仮想壁(石膏ボード)の遮音性能を確認するため扉を設置する前に扉を設置する穴を多重に重ねた石膏ボードで塞ぎ遮音試験を行い、仮想壁が扉の遮音試験に影響しない十分な遮音性を持つことを確認する。扉より15dB以上、上であることが目安。



扉穴塞ぎ部拡大写真

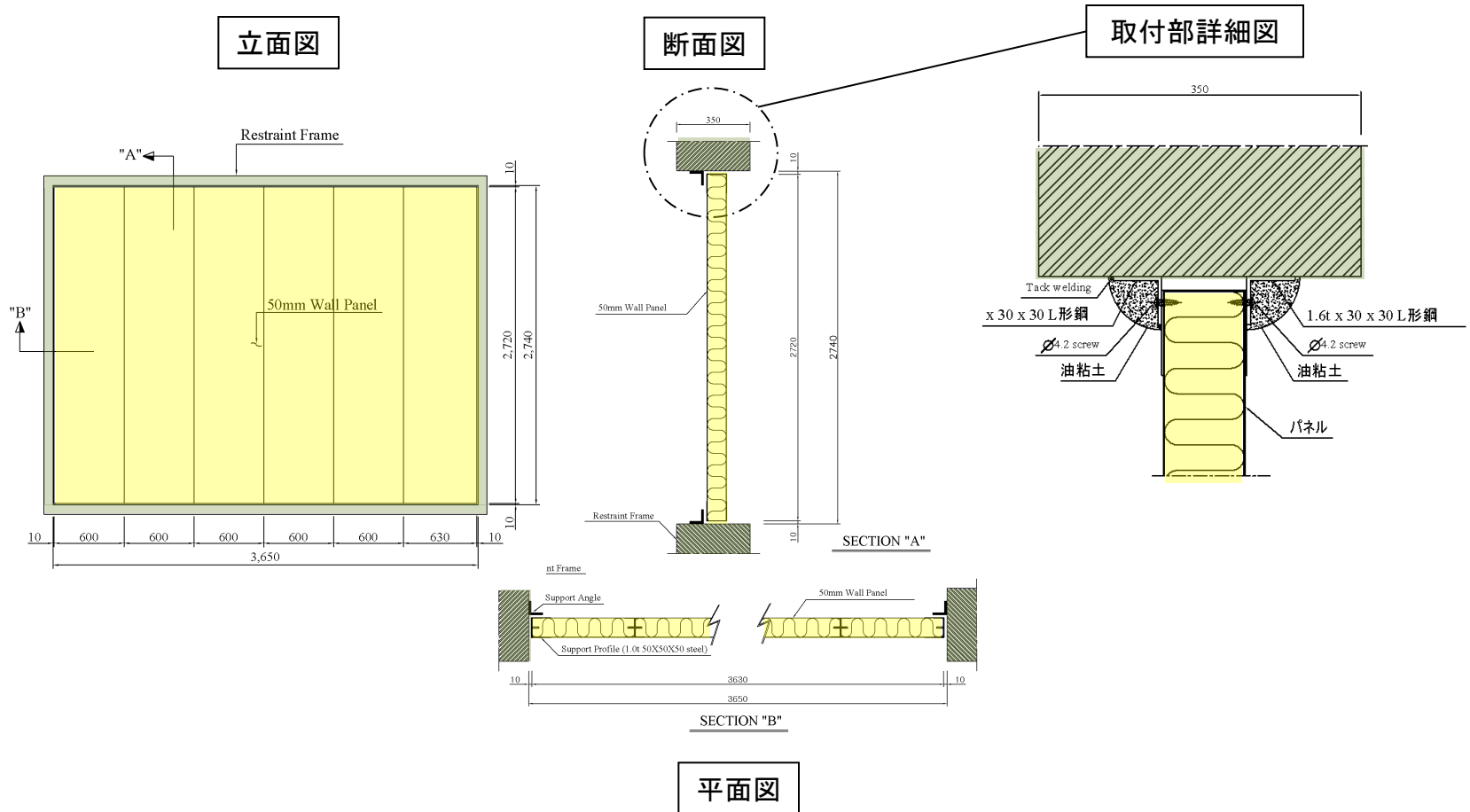


扉単体試験体 試験室内設置状況

# 4.3. 試験材料の設置

## (2) 試験材料の設置

### ⑤ パネル単体



## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

#### ⑤ パネル単体



試験体カートリッジ取付状況



試験室設置状況



試験体 パネル施工状況

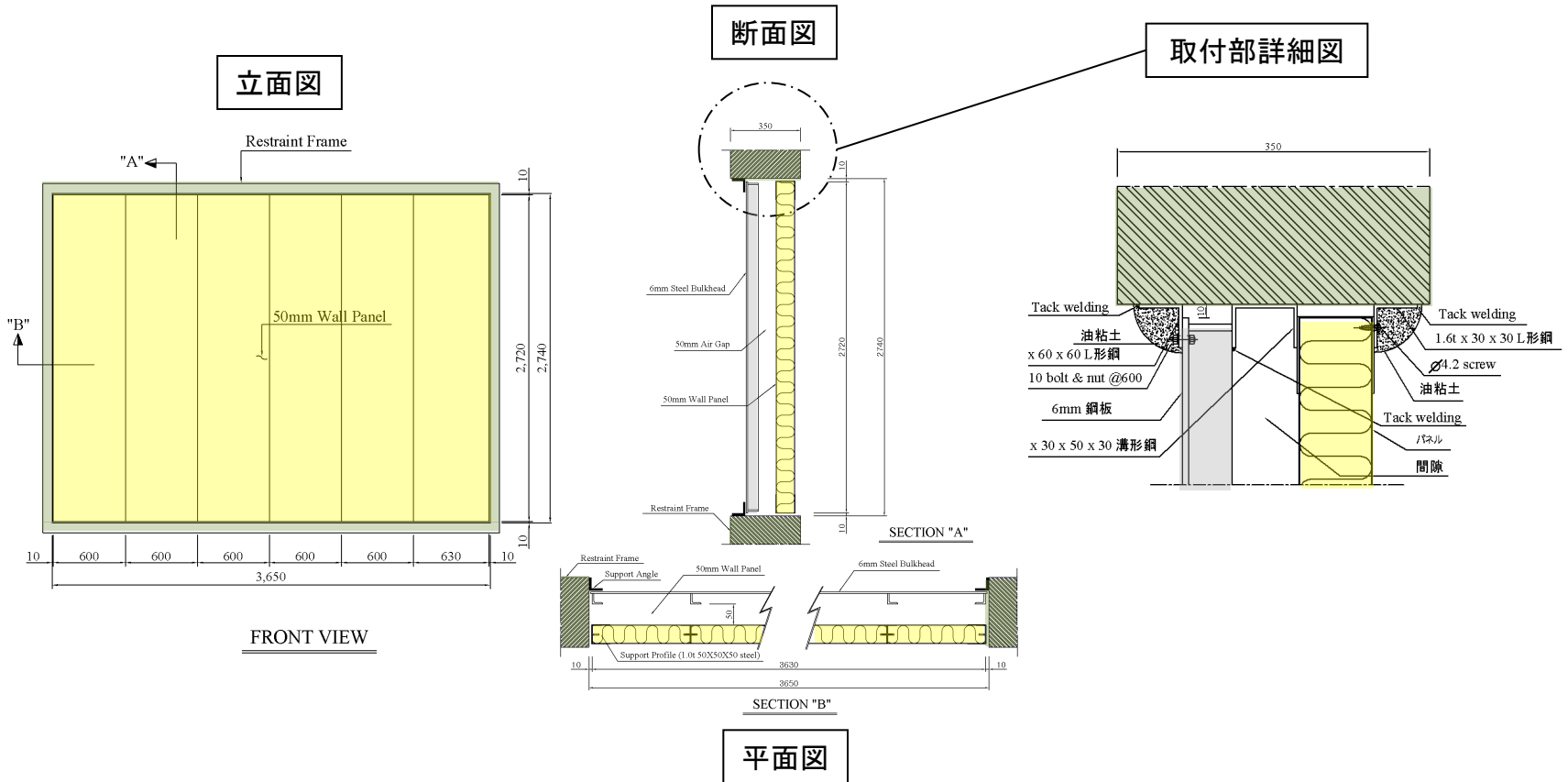


試験体 隙間処理状況

# 4.3. 試験材料の設置

## (2) 試験材料の設置

### ⑥ 鋼板+壁パネル



## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

#### ⑥ 鋼板+壁パネル



試験体 カートリッジ取付状況（鋼板側）



試験室内設置状況（鋼板側）



試験体 カートリッジ取付状況（パネル側）



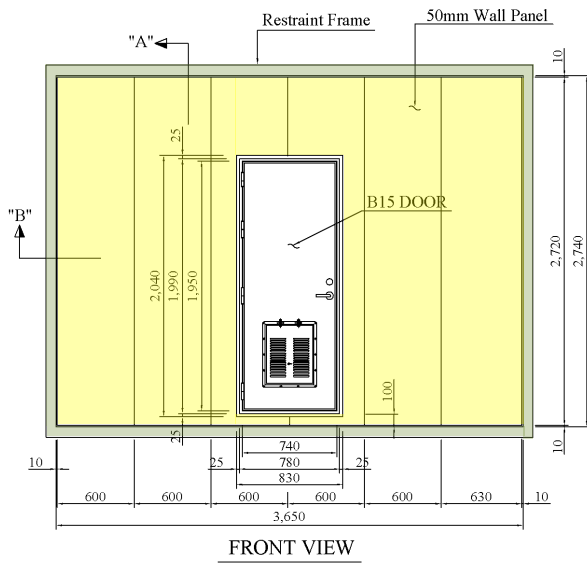
試験室内設置状況（パネル側）

# 4.3. 試験材料の設置

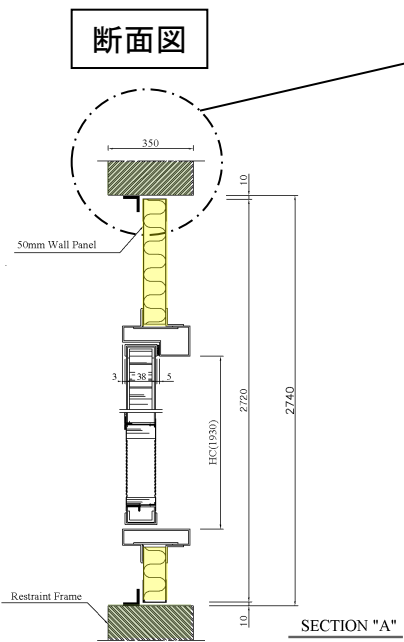
## (2) 試験材料の設置

### ⑦ パネル & 扉

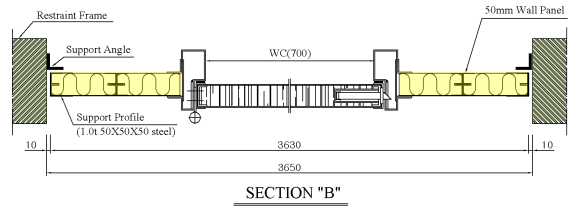
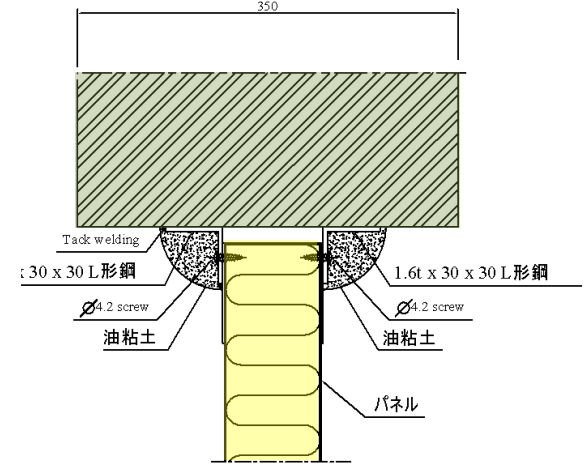
立面図



断面図



取付部詳細図

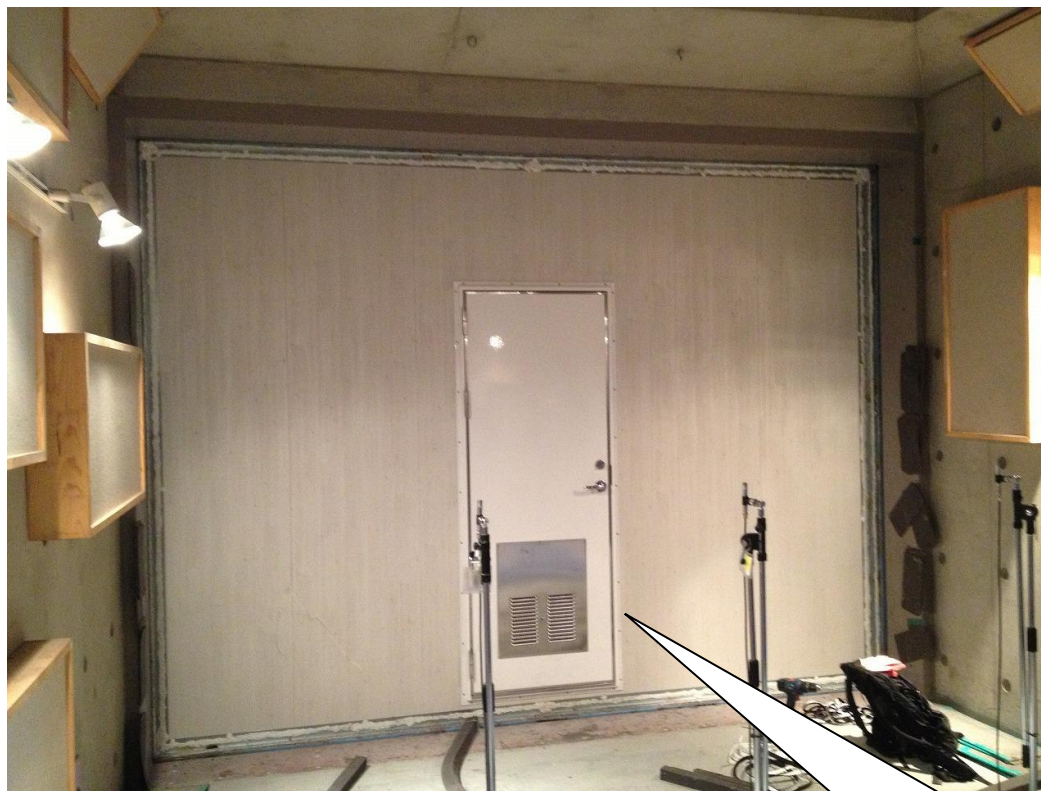


平面図

## 4.3. 試験材料の設置

### (2) 試験材料の設置

#### ⑦ パネル&扉



試験室設置状況

通常の施工状態を再現するので扉単体のような扉枠周囲の粘土詰めは行わない。

## 5. 試験結果

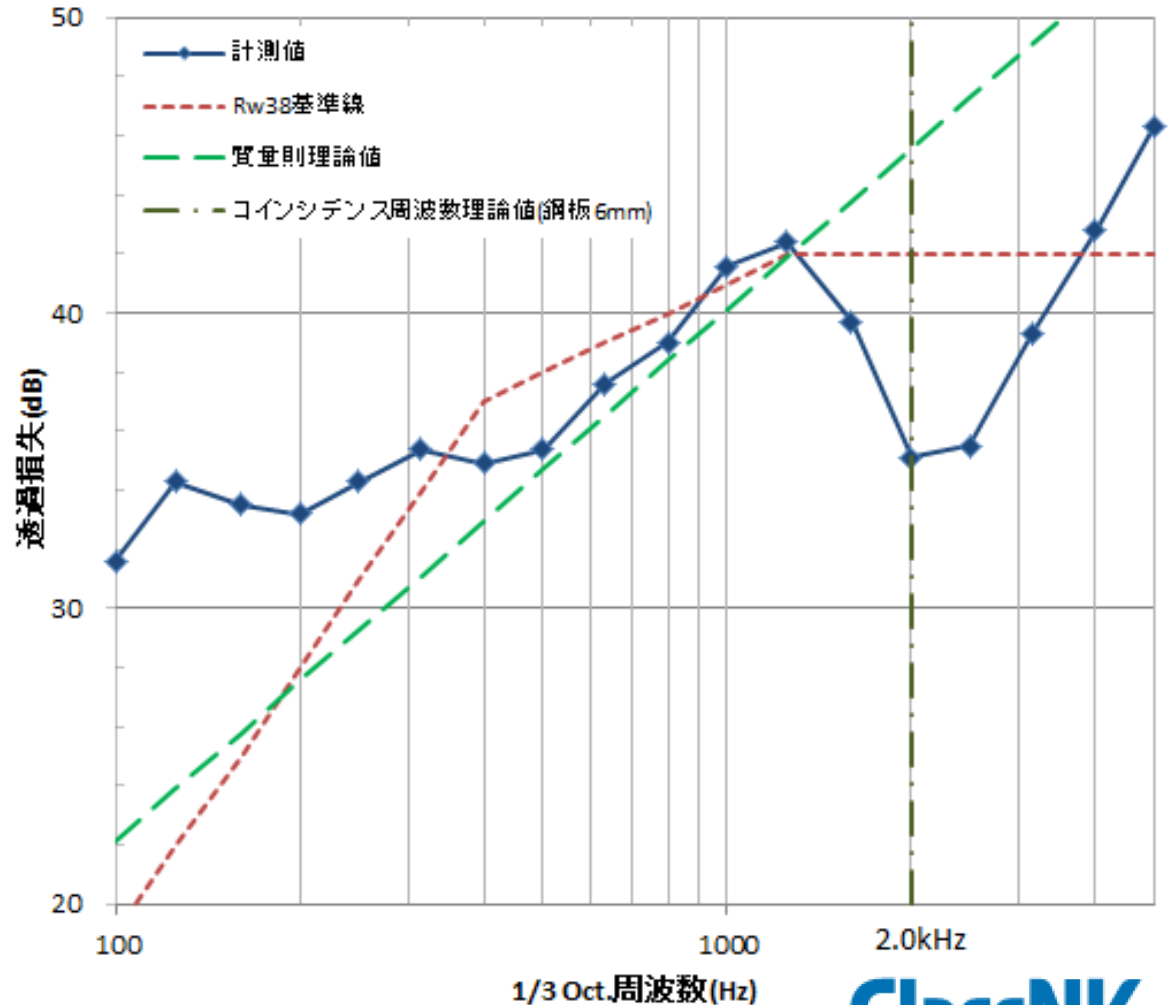


# 5 試験結果

## 5.1.1.鋼板単体 No.1 鋼板(6mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 38$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	31.6
125	34.3
160	33.5
200	33.2
250	34.3
315	35.4
400	34.9
500	35.4
630	37.6
800	39.0
1000	41.6
1250	42.4
1600	39.7
2000	35.1
2500	35.5
3150	39.3
4000	42.8
5000	46.3

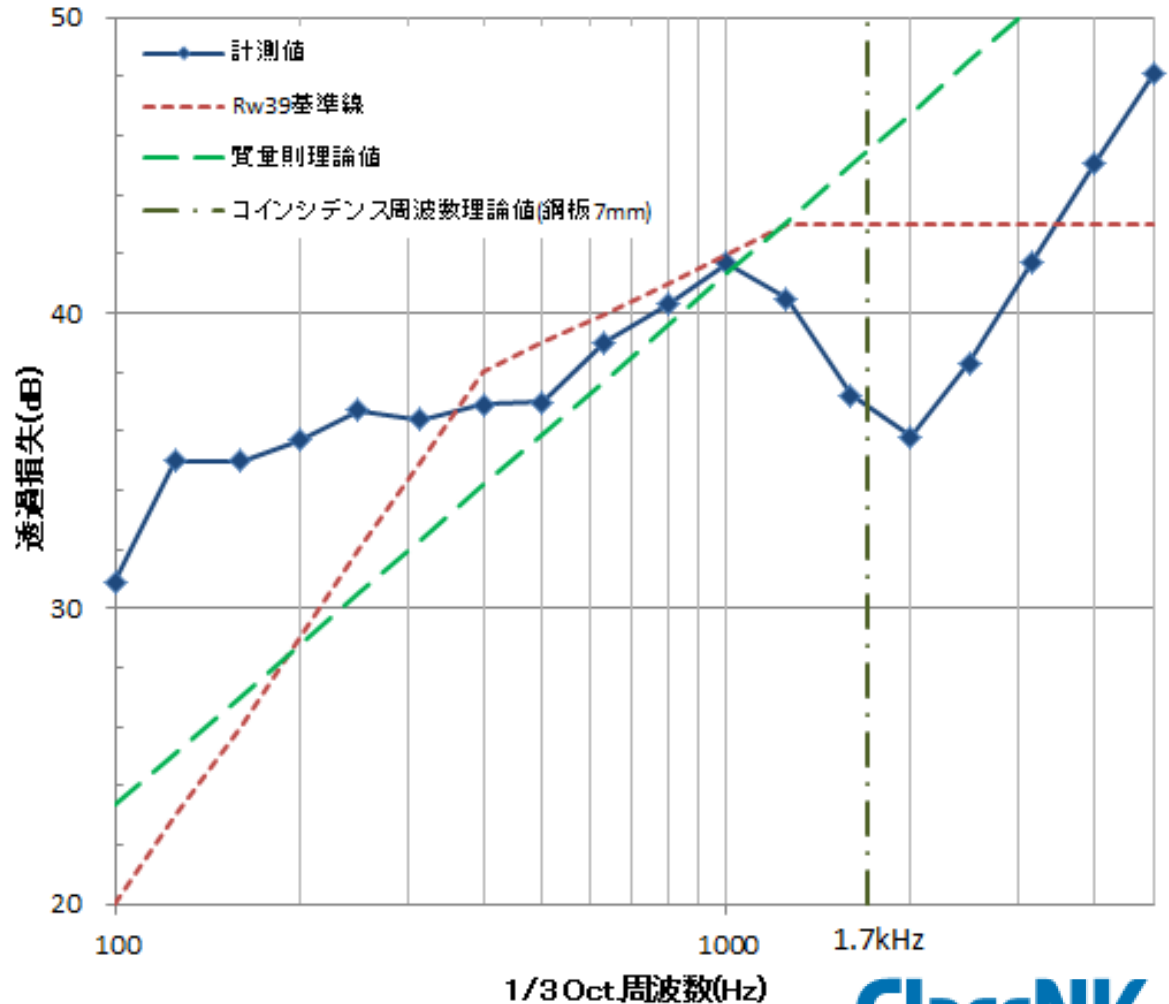


# 5 試験結果

## 5.1.2.鋼板単体 No.2 鋼板(7mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 39$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	30.9
125	35.0
160	35.0
200	35.7
250	36.7
315	36.4
400	36.9
500	37.0
630	39.0
800	40.3
1000	41.7
1250	40.5
1600	37.2
2000	35.8
2500	38.3
3150	41.7
4000	45.1
5000	48.1

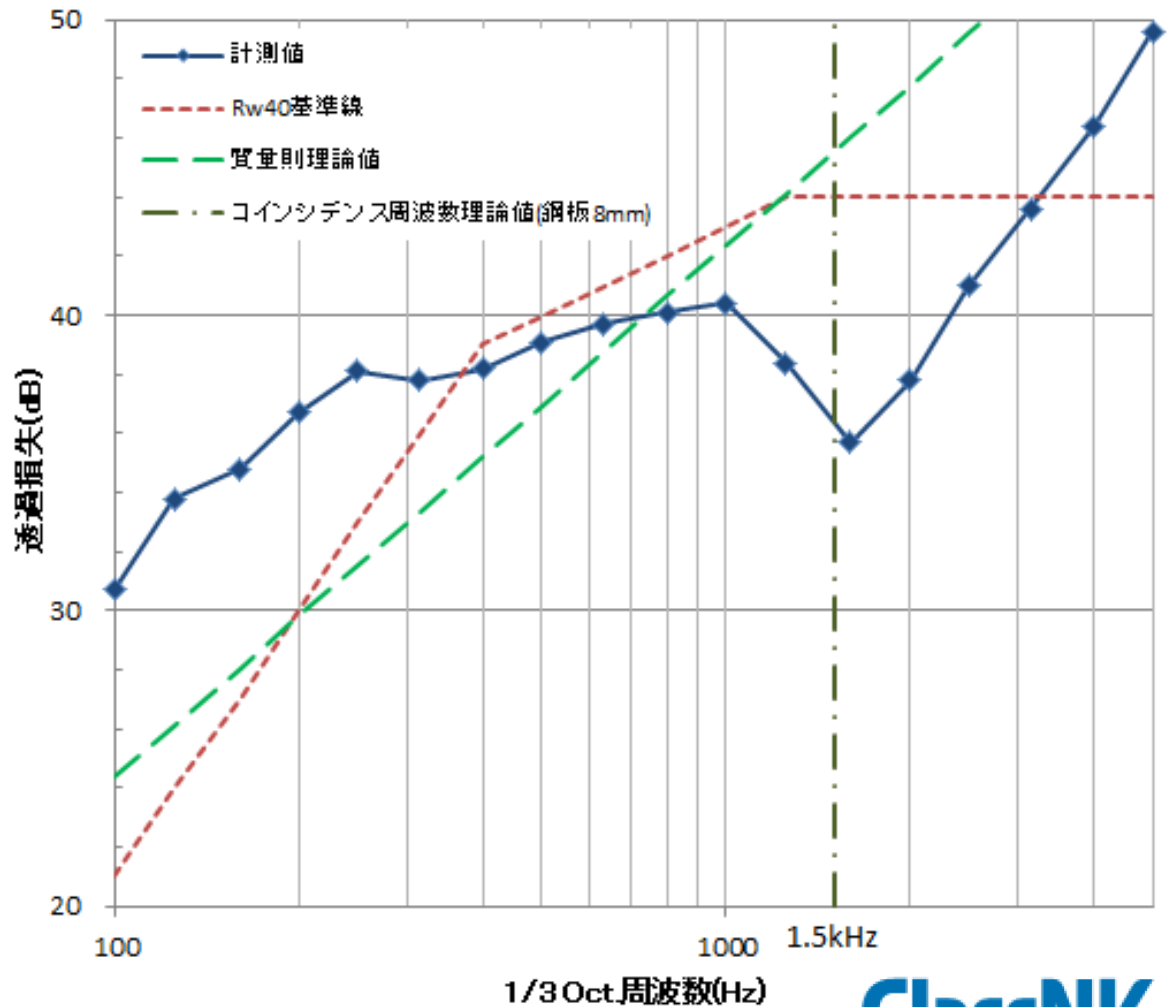


# 5 試験結果

## 5.1.3.鋼板単体 No.3 鋼板(8mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 40$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	30.7
125	33.8
160	34.8
200	36.7
250	38.1
315	37.8
400	38.2
500	39.1
630	39.7
800	40.1
1000	40.4
1250	38.4
1600	35.7
2000	37.8
2500	41.0
3150	43.6
4000	46.4
5000	49.6

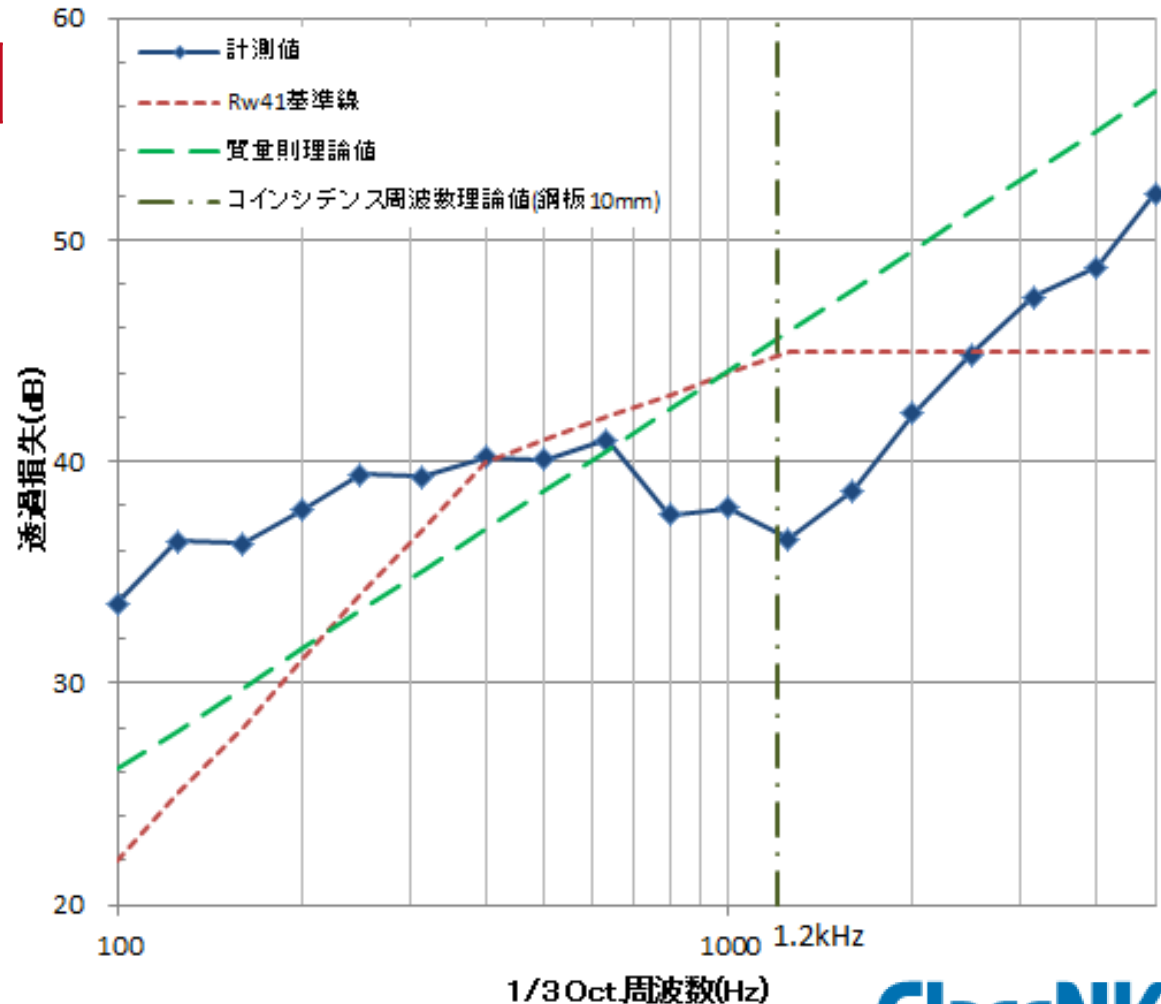


## 5 試験結果

### 5.1.4.鋼板単体 No.4 鋼板(10mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 41$

周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	33.6
125	36.4
160	36.3
200	37.8
250	39.4
315	39.3
400	40.2
500	40.1
630	41.0
800	37.6
1000	37.9
1250	36.5
1600	38.7
2000	42.2
2500	44.8
3150	47.4
4000	48.8
5000	52.1



## 5 試験結果

### 鋼板単体の評価

- 質量則とは異なるが単層壁の特徴的な周波数特性
- 面密度が重い材料(鋼板が厚い)ほど高い遮音性能(質量則)
- コインシデンス理論周波数は試験結果とよく一致

#### コインシデンス周波数(理論値)と試験結果の比較

鋼板単体	理論値	試験結果 <sup>※1</sup>
鋼板6mm	2.0kHz	2.0 (1.8-2.2)kHz
鋼板7mm	1.7kHz	2.0 (1.8-2.2)kHz
鋼板8mm	1.5kHz	1.6 (1.4-1.8)kHz
鋼板10mm	1.2kHz	1.25 (1.1-1.4)kHz

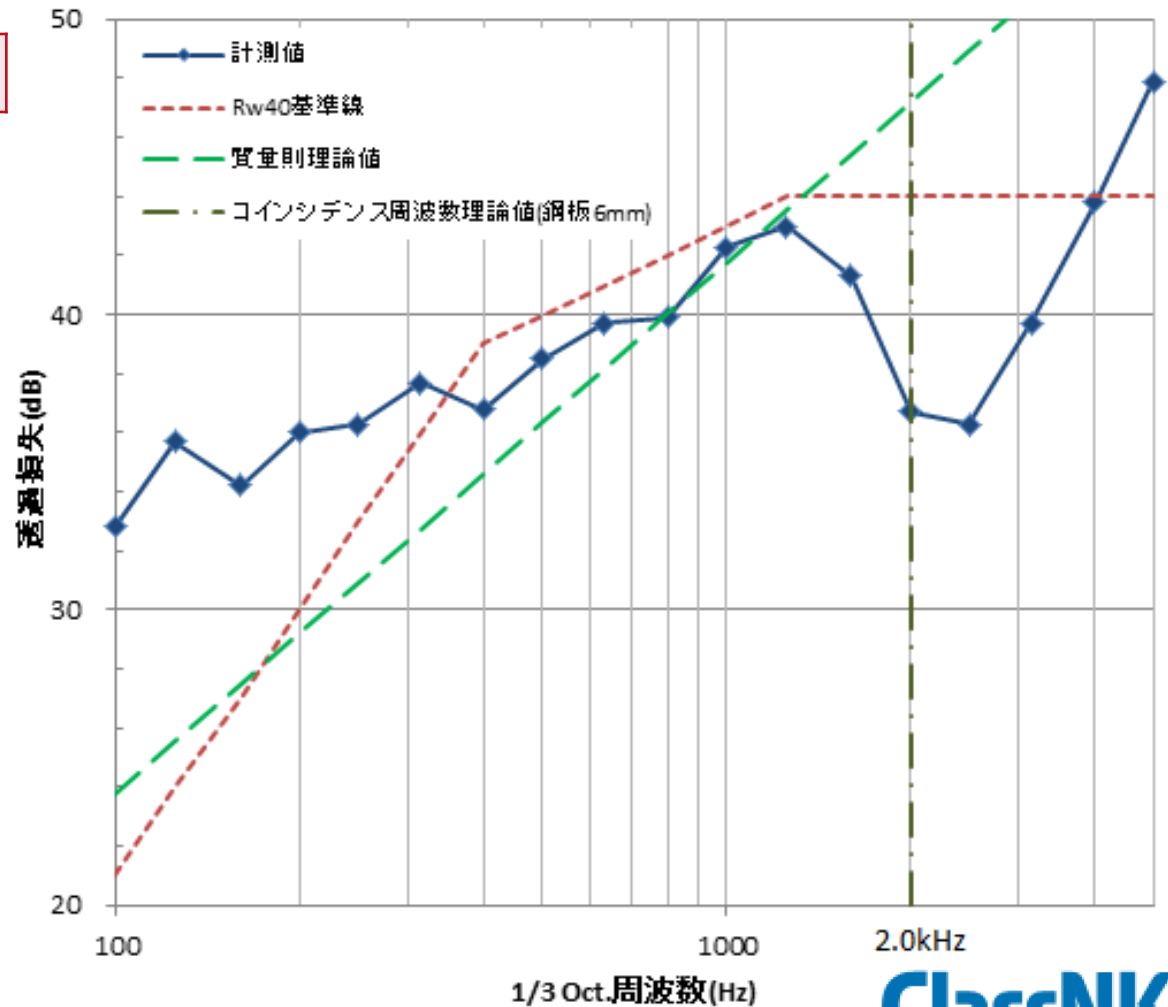
※1:周波数は1/3 Oct.刻みでの評価

## 5 試験結果

### 5.2.1.一次甲板床材を施工した鋼板 No.5 鋼板(6mm)+床材(6mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 40$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	32.8
125	35.7
160	34.2
200	36.0
250	36.3
315	37.7
400	36.8
500	38.5
630	39.7
800	39.9
1000	42.3
1250	43.0
1600	41.3
2000	36.7
2500	36.3
3150	39.7
4000	43.8
5000	47.9

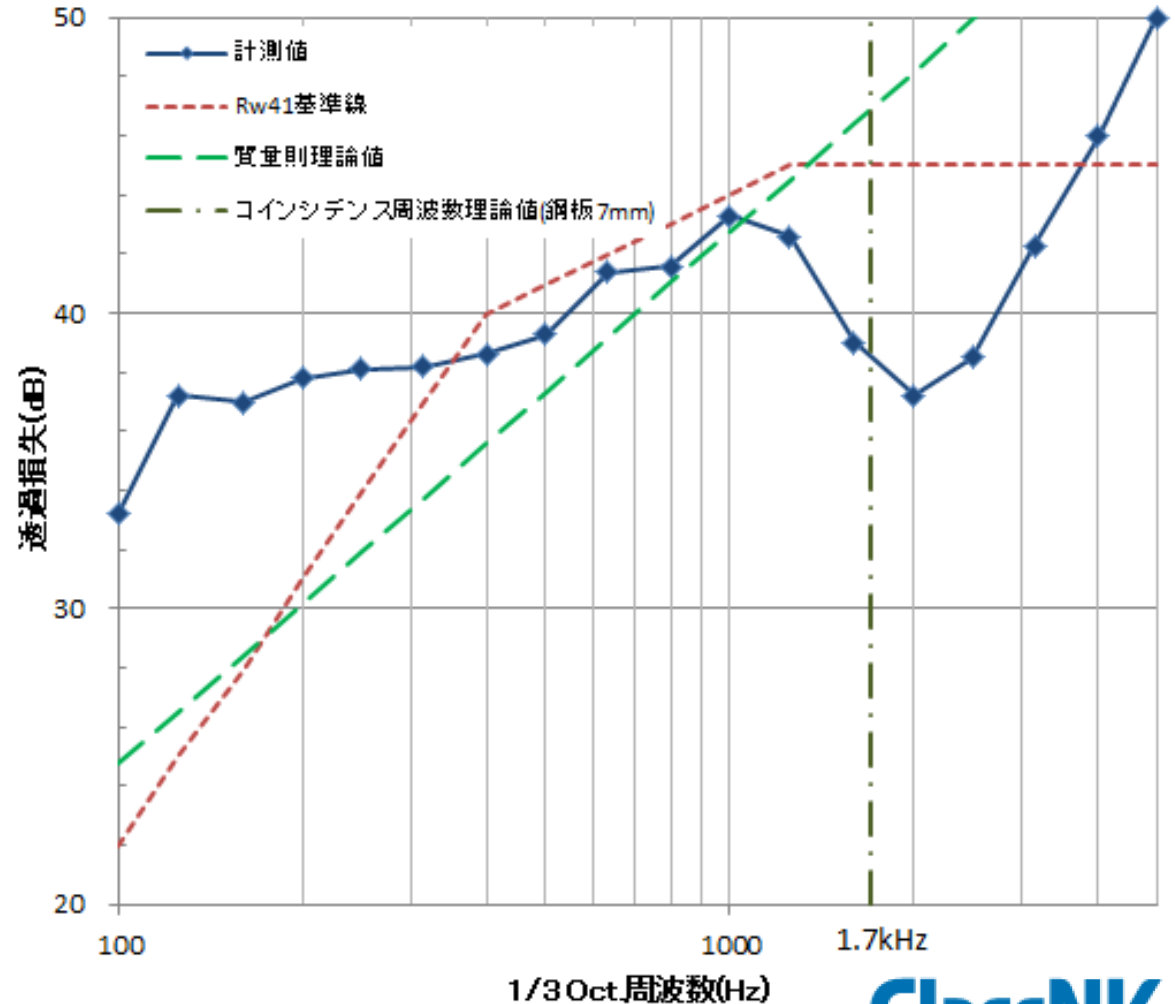


## 5 試験結果

### 5.2.2. 一次甲板床材を施工した鋼板 No.6 鋼板(7mm)+床材(6mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 41$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	33.2
125	37.2
160	37.0
200	37.8
250	38.1
315	38.2
400	38.6
500	39.3
630	41.4
800	41.6
1000	43.3
1250	42.6
1600	39.0
2000	37.2
2500	38.5
3150	42.3
4000	46.0
5000	50.0

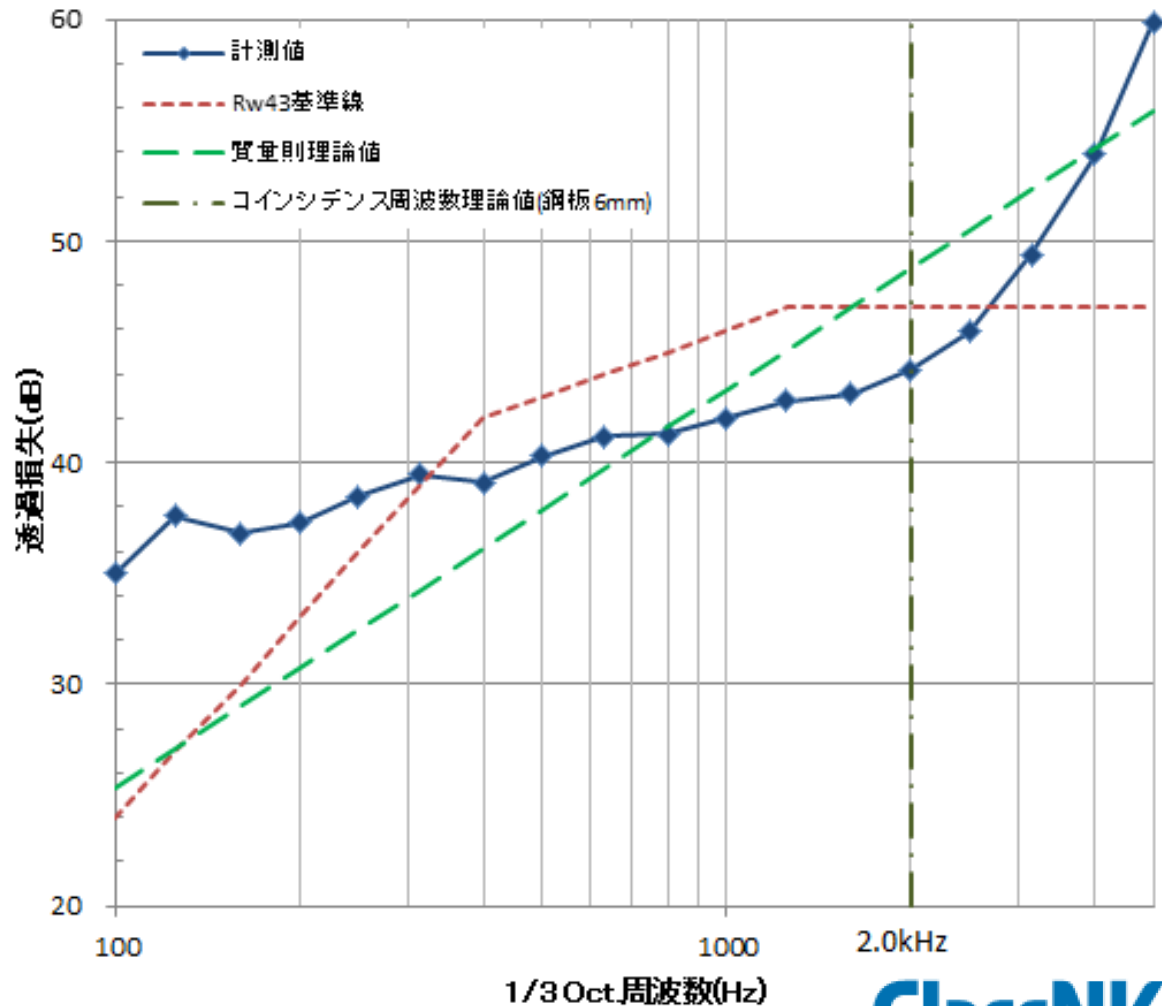


## 5 試験結果

### 5.2.3.一次甲板床材を施工した鋼板 No.7 鋼板(6mm)+騒音対策A+床材(6mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 43$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	35.0
125	37.6
160	36.8
200	37.3
250	38.5
315	39.5
400	39.1
500	40.3
630	41.2
800	41.3
1000	42.0
1250	42.8
1600	43.1
2000	44.2
2500	45.9
3150	49.4
4000	53.9
5000	59.9



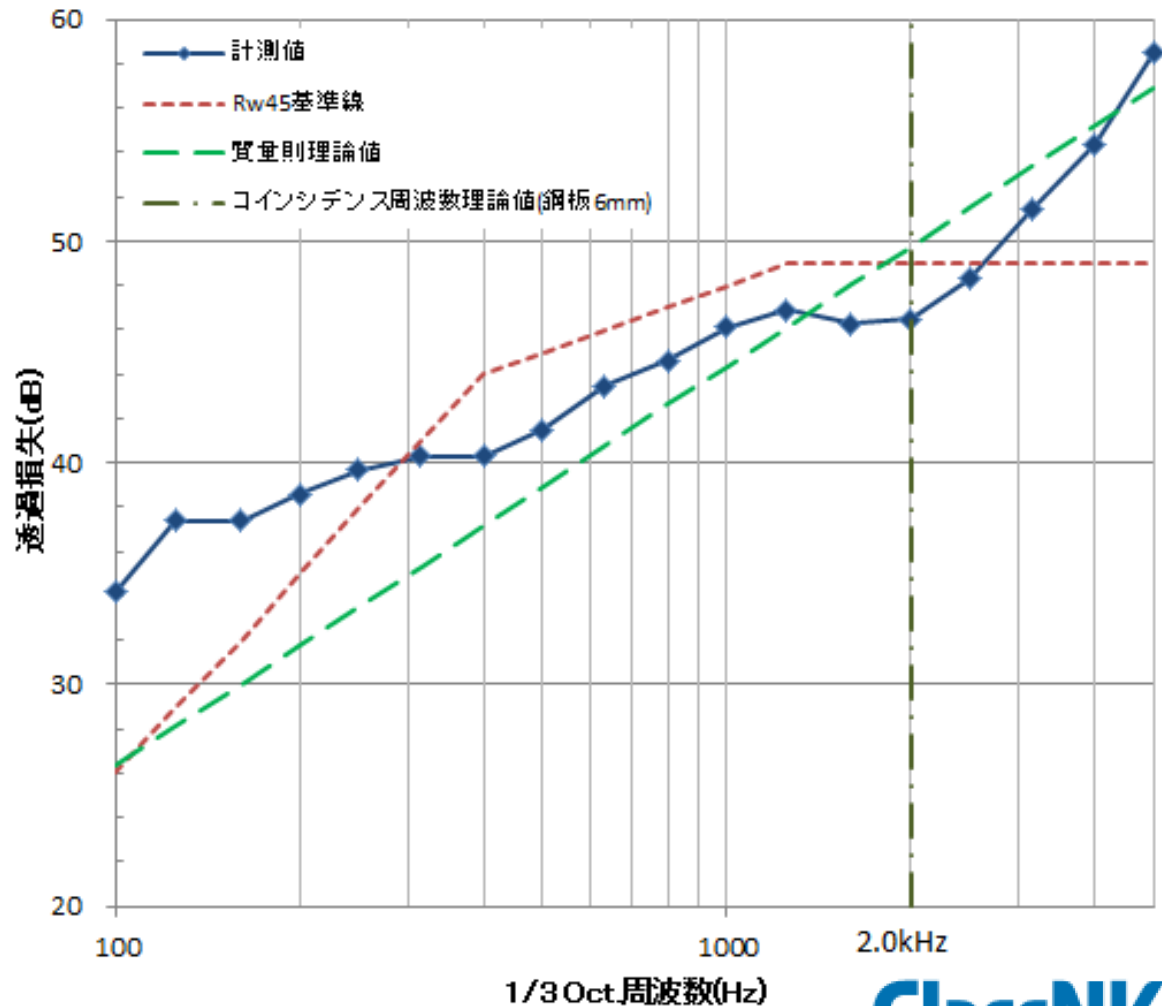


## 5 試験結果

### 5.2.4.一次甲板床材を施工した鋼板 No.8 鋼板(6mm)+騒音対策B

重み付き音響透過損失  $R_w = 45$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	34.2
125	37.4
160	37.4
200	38.6
250	39.7
315	40.3
400	40.3
500	41.5
630	43.5
800	44.6
1000	46.1
1250	46.9
1600	46.3
2000	46.5
2500	48.3
3150	51.4
4000	54.4
5000	58.5

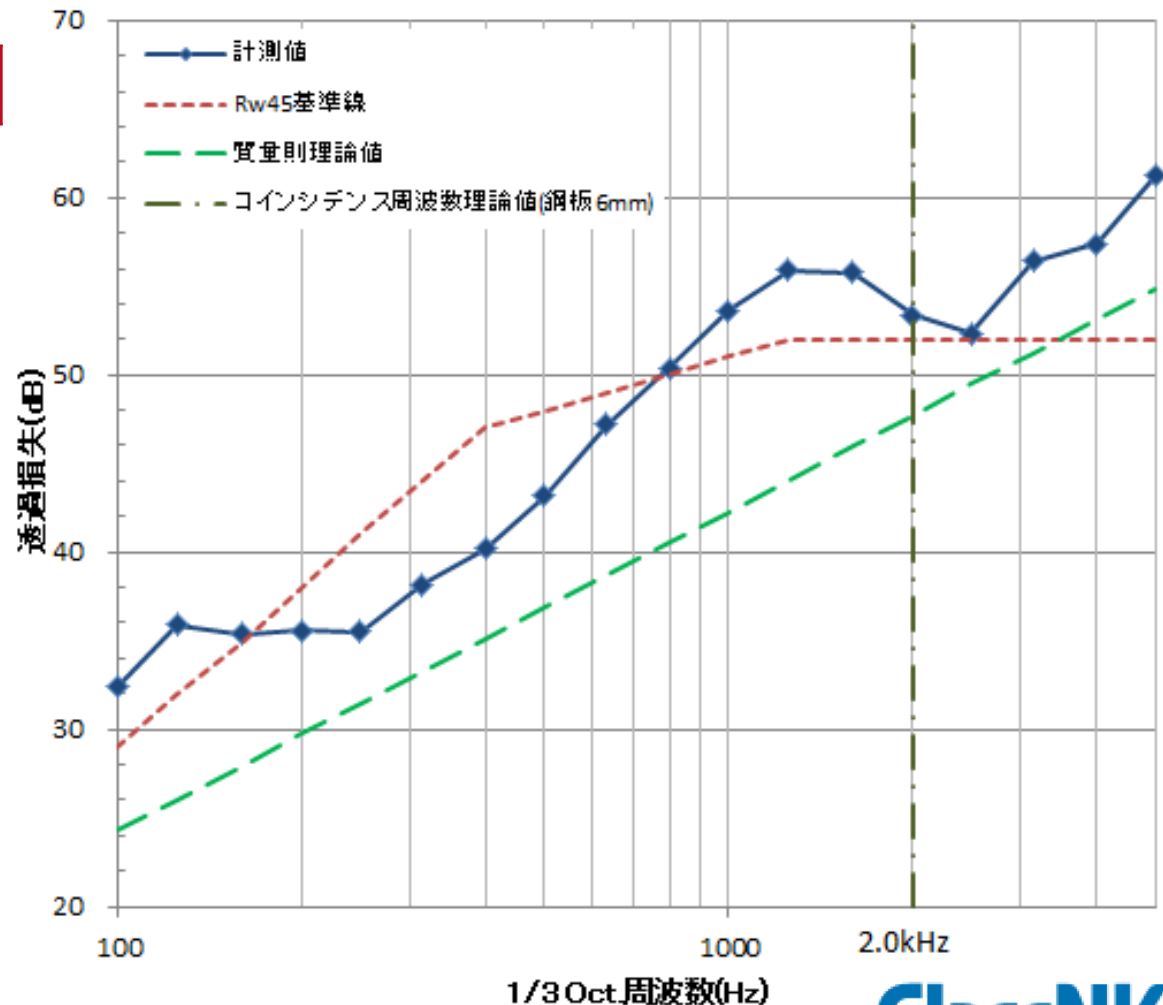


## 5 試験結果

### 5.2.5.一次甲板床材を施工した鋼板 No.9 ロックウール(40mm)+鋼板(6mm)+床材(6mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 48$

周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	32.4
125	35.9
160	35.4
200	35.6
250	35.5
315	38.2
400	40.2
500	43.2
630	47.2
800	50.4
1000	53.6
1250	55.9
1600	55.8
2000	53.4
2500	52.3
3150	56.4
4000	57.4
5000	61.2



## 5 試験結果

### 一次甲板床材を施工した鋼板の評価

#### ●鋼板+床材

✓鋼板単体のコインシデンス周波数とほぼ一致

✓ 鋼板単体と似た周波数特性

#### ●騒音対策材

✓コインシデンス欠損値は比較的小さく、 $R_w$ は高い

#### ●ロックウール+鋼板+床材

✓ 総じて高い性能

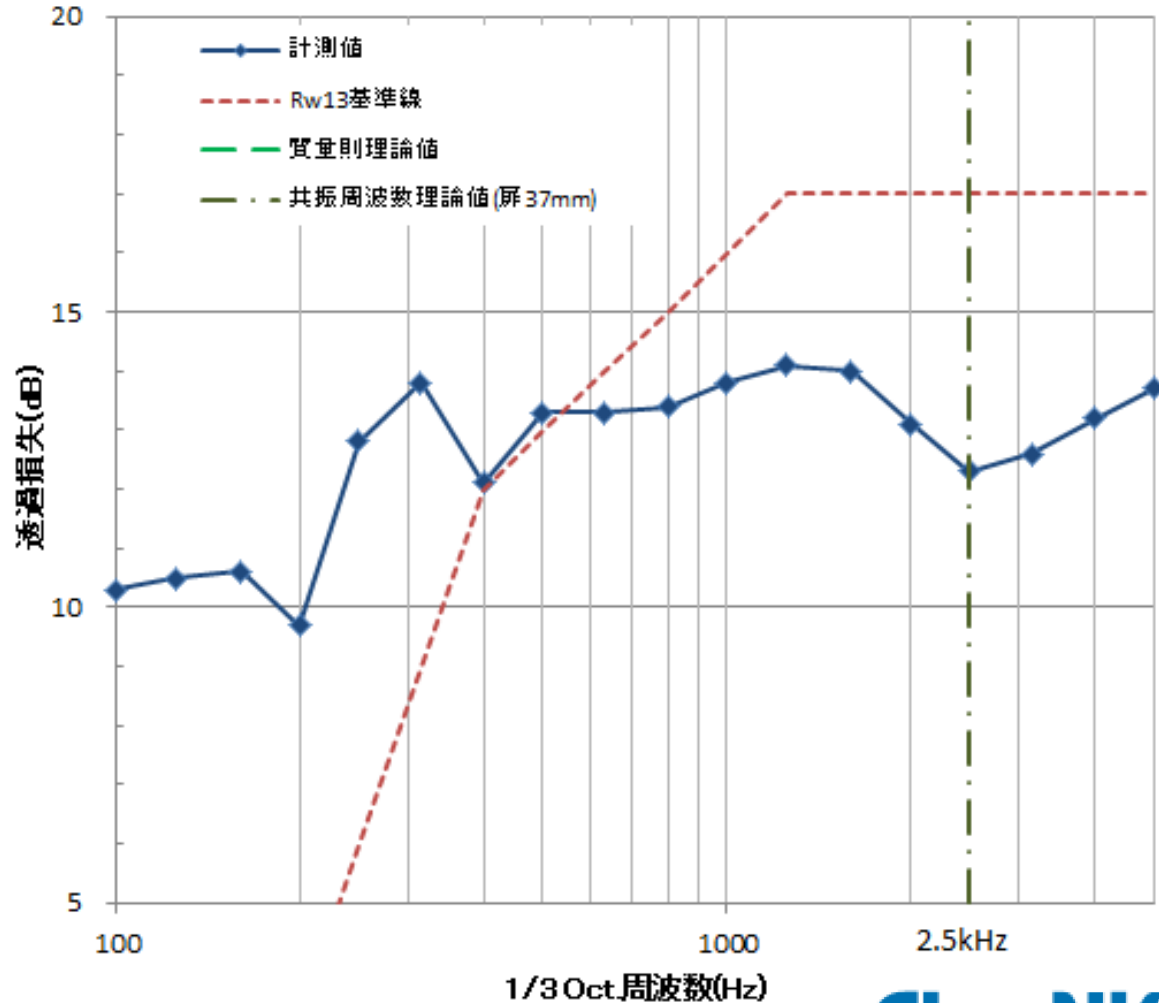
✓ 鋼板単体のコインシデンス周波数とほぼ一致

## 5 試験結果

### 5.3.1.一般的な扉単体 No.10 700mm幅 B15 防火扉A (ルーバー開)

重み付き音響透過損失  $R_w = 13$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	10.3
125	10.5
160	10.6
200	9.7
250	12.8
315	13.8
400	12.1
500	13.3
630	13.3
800	13.4
1000	13.8
1250	14.1
1600	14.0
2000	13.1
2500	12.3
3150	12.6
4000	13.2
5000	13.7



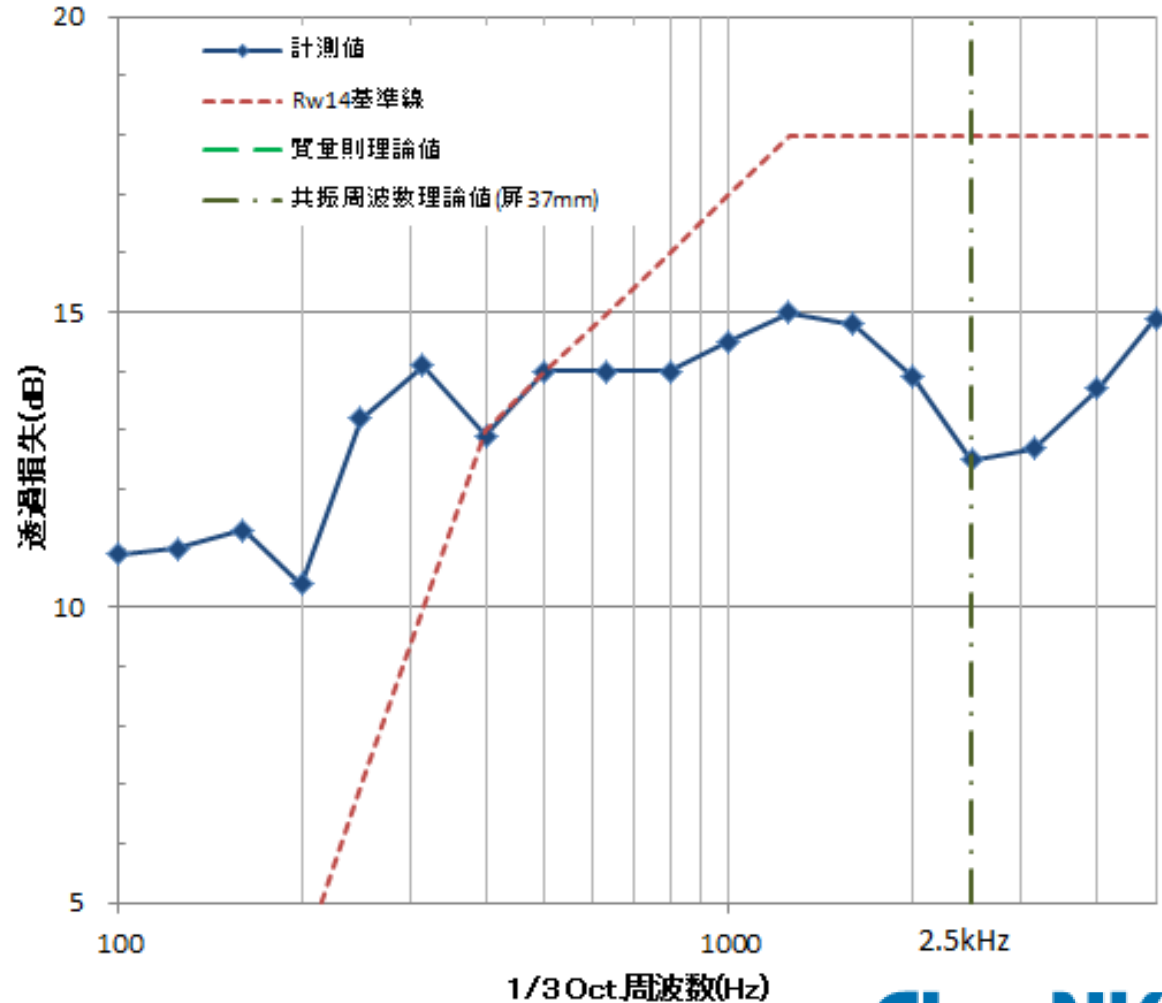
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 5.3.2.一般的な扉単体 No.11 700mm幅 B15 防火扉A (ルーバー閉)

重み付き音響透過損失  $R_w = 14$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	10.9
125	11.0
160	11.3
200	10.4
250	13.2
315	14.1
400	12.9
500	14.0
630	14.0
800	14.0
1000	14.5
1250	15.0
1600	14.8
2000	13.9
2500	12.5
3150	12.7
4000	13.7
5000	14.9



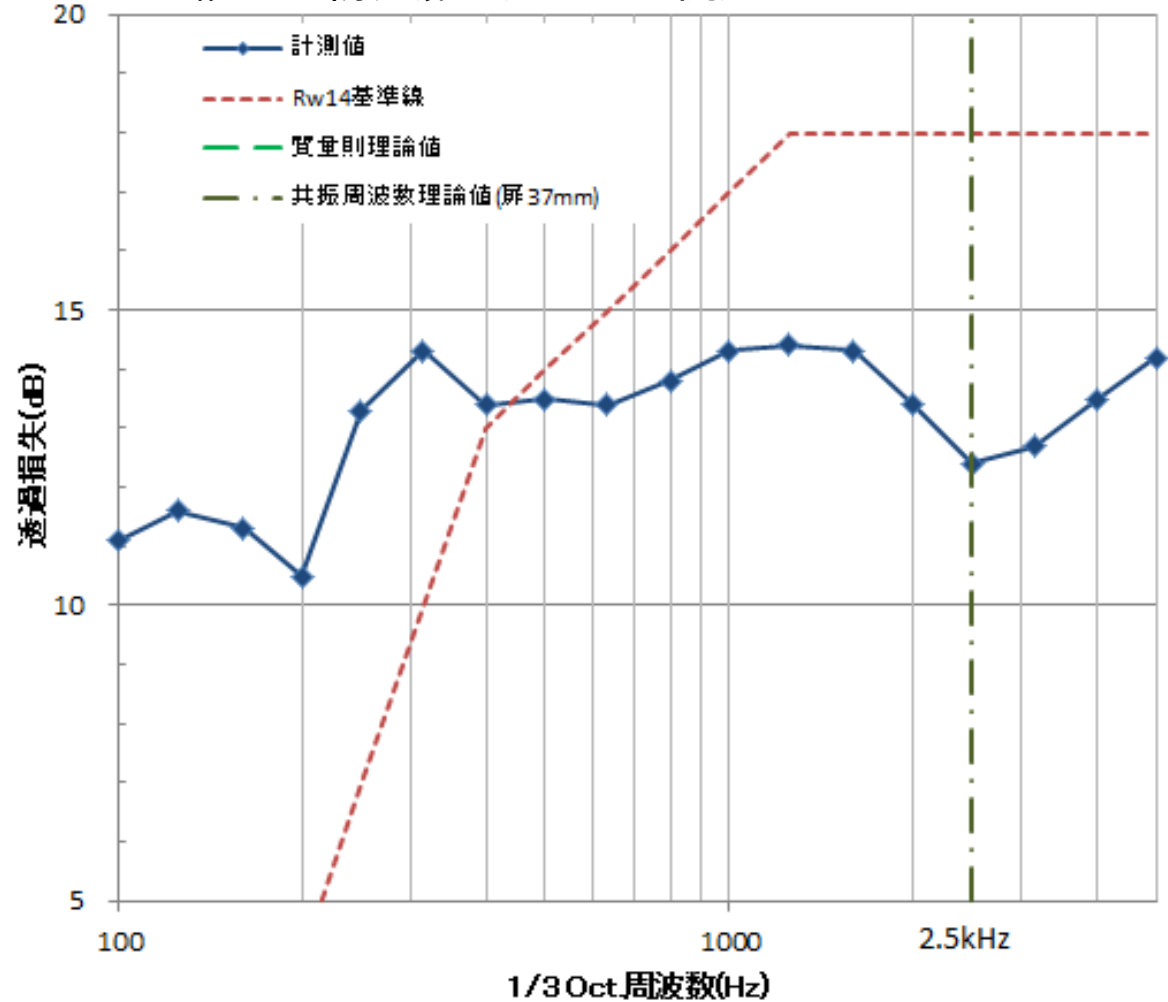
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 5.3.3.一般的な扉単体 No.12 800mm幅 B15 防火扉A (ルーバー開)

重み付き音響透過損失  $R_w = 14$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	11.1
125	11.6
160	11.3
200	10.5
250	13.3
315	14.3
400	13.4
500	13.5
630	13.4
800	13.8
1000	14.3
1250	14.4
1600	14.3
2000	13.4
2500	12.4
3150	12.7
4000	13.5
5000	14.2



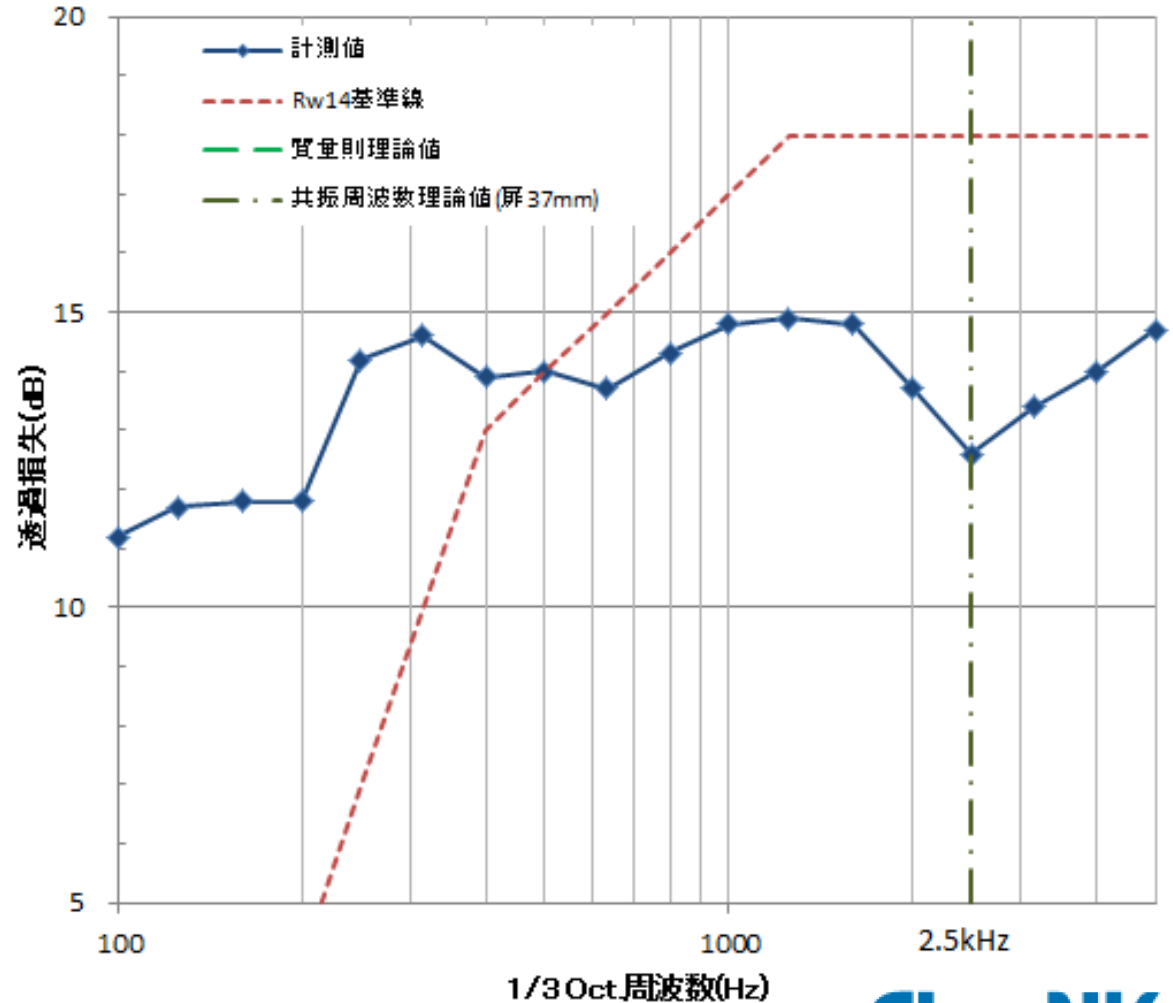
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 5.3.4.一般的な扉単体 No.13 900mm幅 B15 防火扉A (ルーバー開)

重み付き音響透過損失  $R_w = 14$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	11.2
125	11.7
160	11.8
200	11.8
250	14.2
315	14.6
400	13.9
500	14.0
630	13.7
800	14.3
1000	14.8
1250	14.9
1600	14.8
2000	13.7
2500	12.6
3150	13.4
4000	14.0
5000	14.7



※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 一般的な扉単体の評価

- 隙間からの音漏れが全周波体帯域に影響
- 扉サイズと遮音性能に相関はない※1

※1:本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない

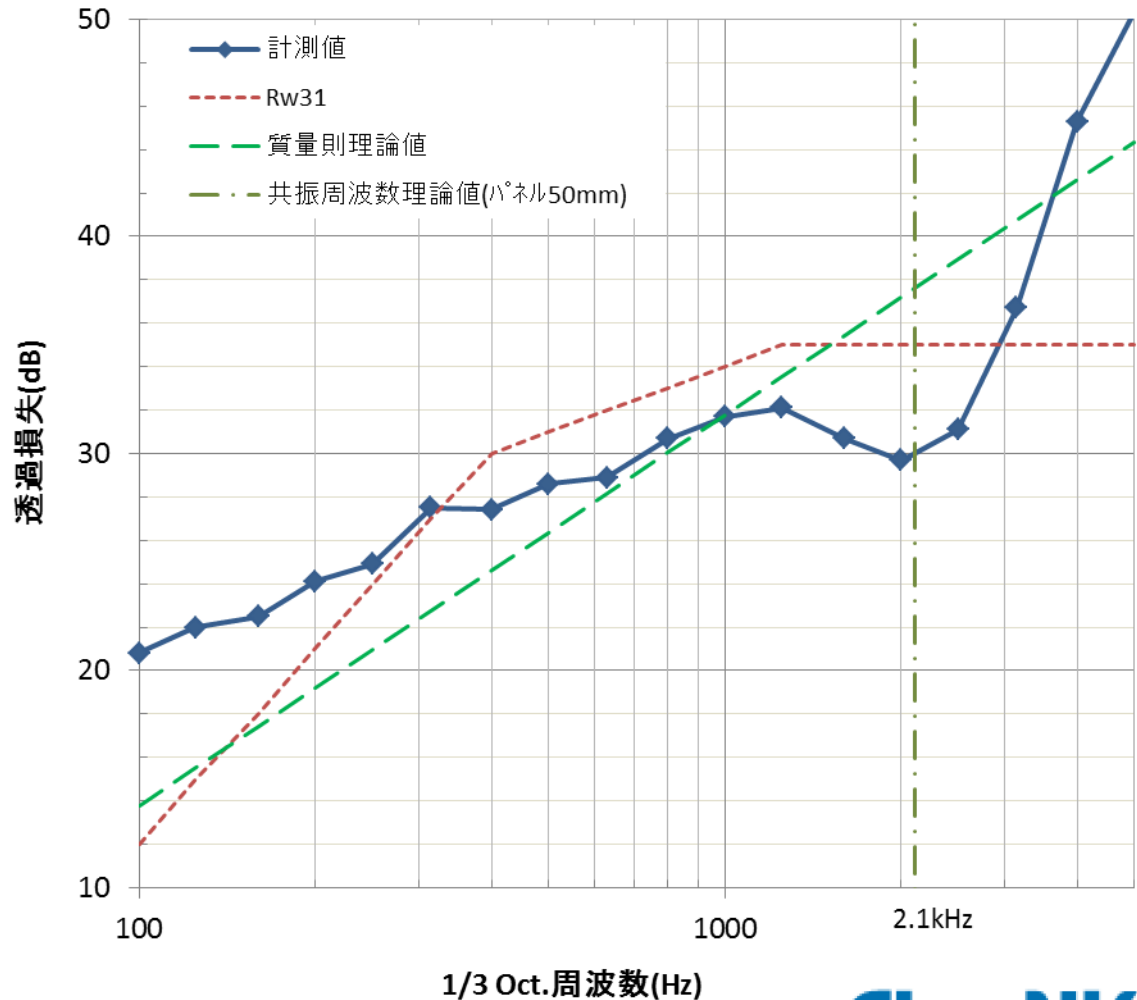


# 5 試験結果

## 5.4.1.パネル単体 No.14 パネルA(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 31$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	20.8
125	22.0
160	22.5
200	24.1
250	24.9
315	27.5
400	27.4
500	28.6
630	28.9
800	30.7
1000	31.7
1250	32.1
1600	30.7
2000	29.7
2500	31.1
3150	36.7
4000	45.3
5000	50.4



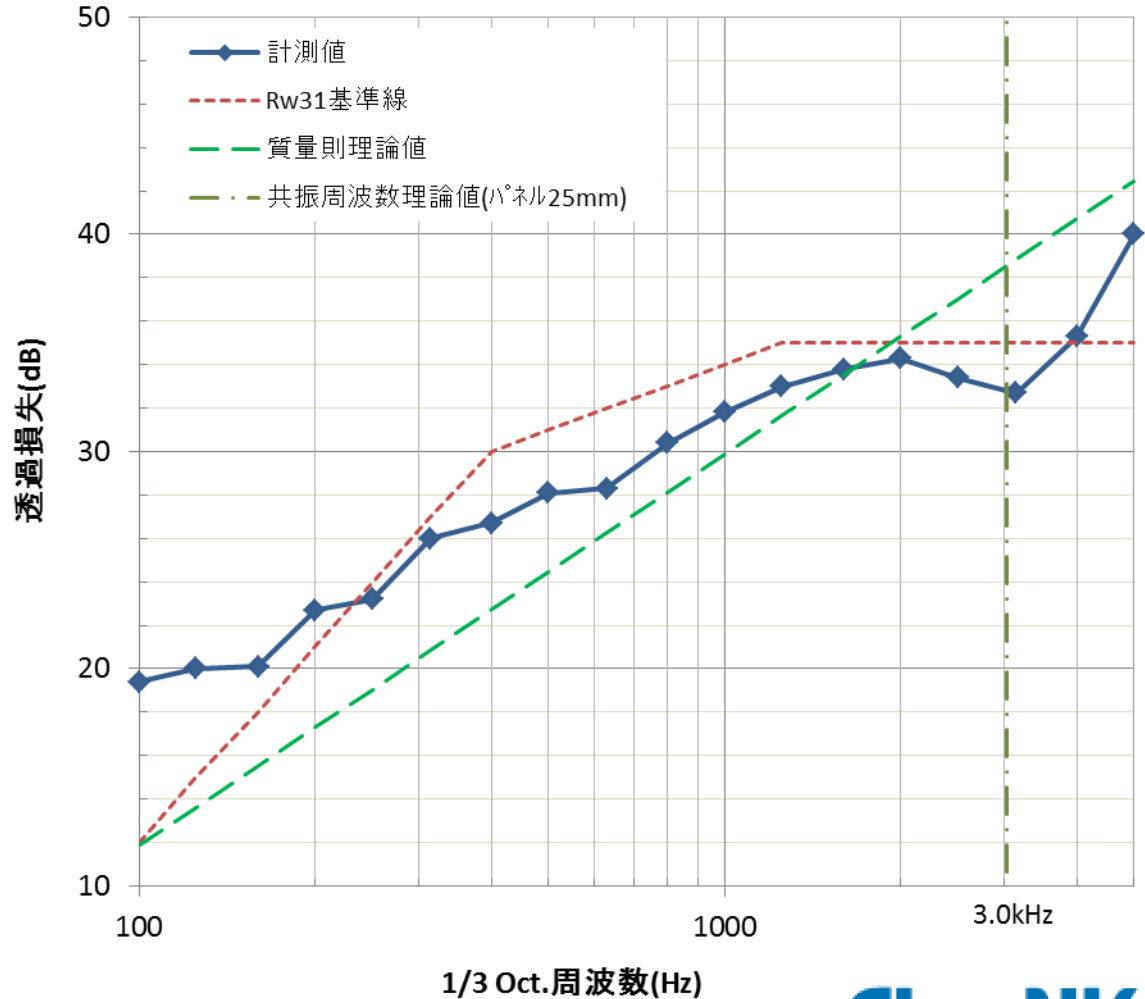
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

# 5 試験結果

## 5.4.2.パネル単体 No.15 パネルB(25mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 31$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	19.4
125	20.0
160	20.1
200	22.7
250	23.2
315	26.0
400	26.7
500	28.1
630	28.3
800	30.4
1000	31.8
1250	33.0
1600	33.8
2000	34.3
2500	33.4
3150	32.7
4000	35.3
5000	40.0



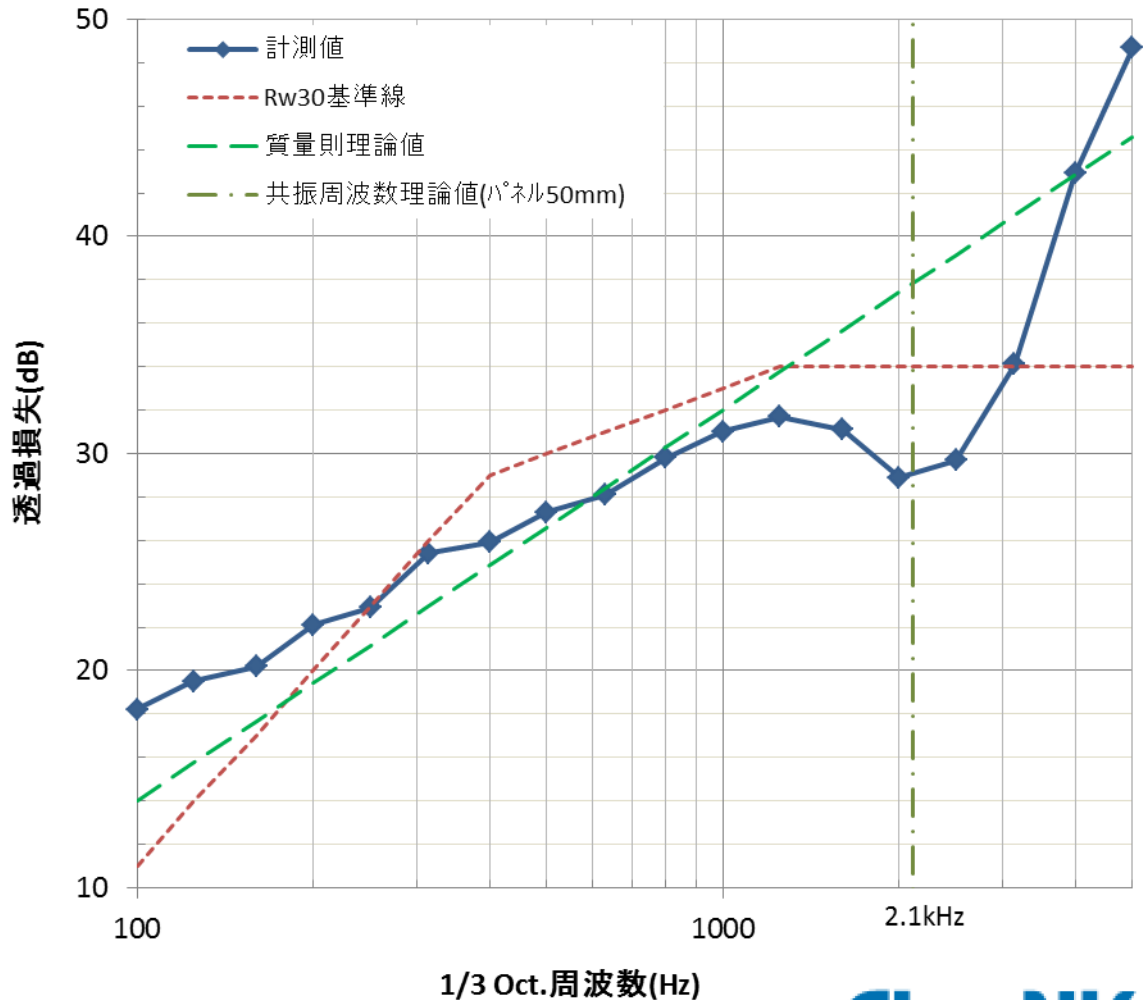
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

# 5 試験結果

## 5.4.3.パネル単体 No.16 パネルC(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 30$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	18.2
125	19.5
160	20.2
200	22.1
250	22.9
315	25.4
400	25.9
500	27.3
630	28.1
800	29.8
1000	31.0
1250	31.7
1600	31.1
2000	28.9
2500	29.7
3150	34.1
4000	42.9
5000	48.7



※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### パネル単体の評価

- 欠損は3層パネルの共振によるもの  
(コインシデンス効果ではない)
- パネル50mmと25mmの共振周波数の違いは理論に従う
- パネル厚さが増しても、必ずしも遮音性能は上がらない※1

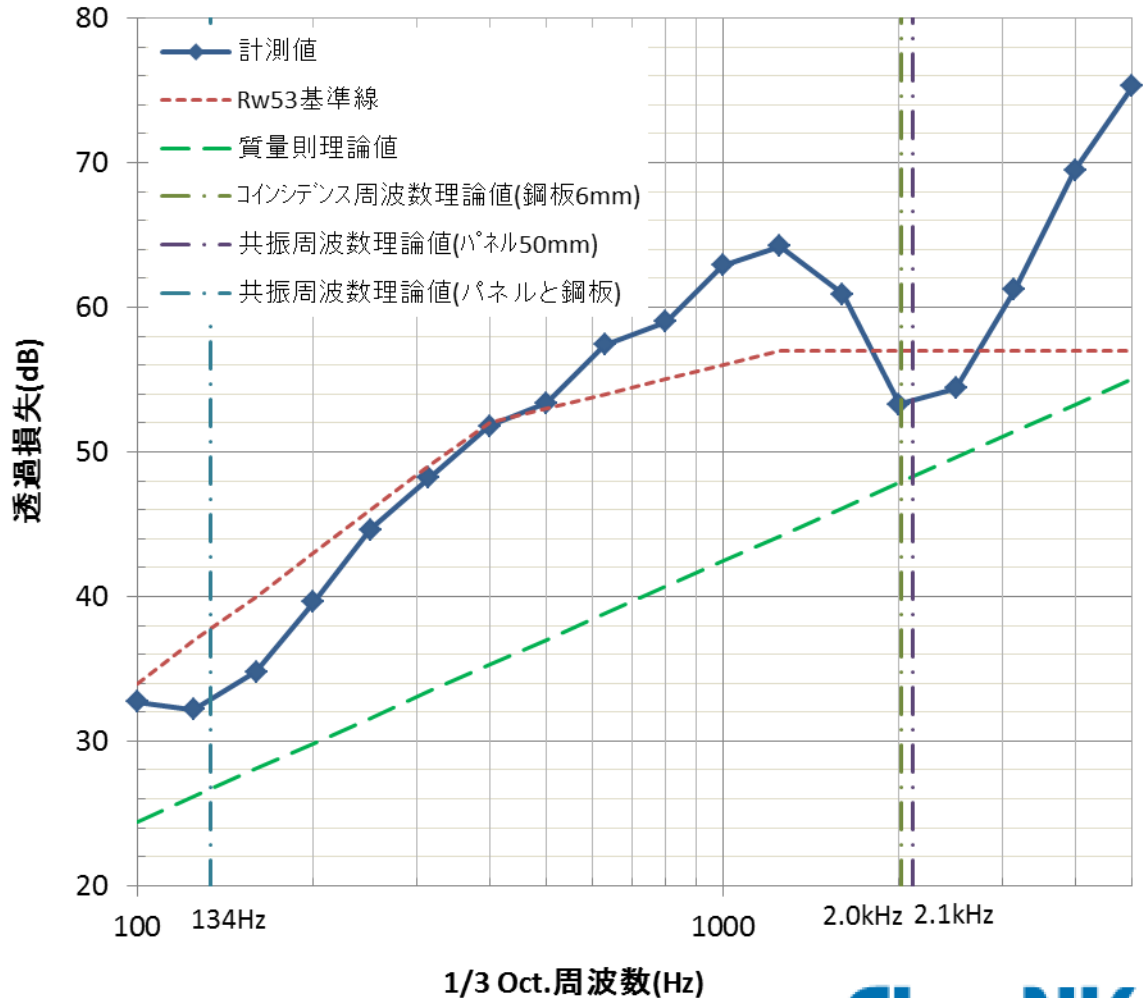
※1:本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない

# 5 試験結果

## 5.5.1. パネルと鋼板の組み合わせ No.17 鋼板(6mm)+隙間(50mm)+パネルA(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 53$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	32.7
125	32.2
160	34.8
200	39.6
250	44.6
315	48.2
400	51.8
500	53.4
630	57.4
800	59.0
1000	62.9
1250	64.2
1600	60.9
2000	53.3
2500	54.4
3150	61.2
4000	69.5
5000	75.3



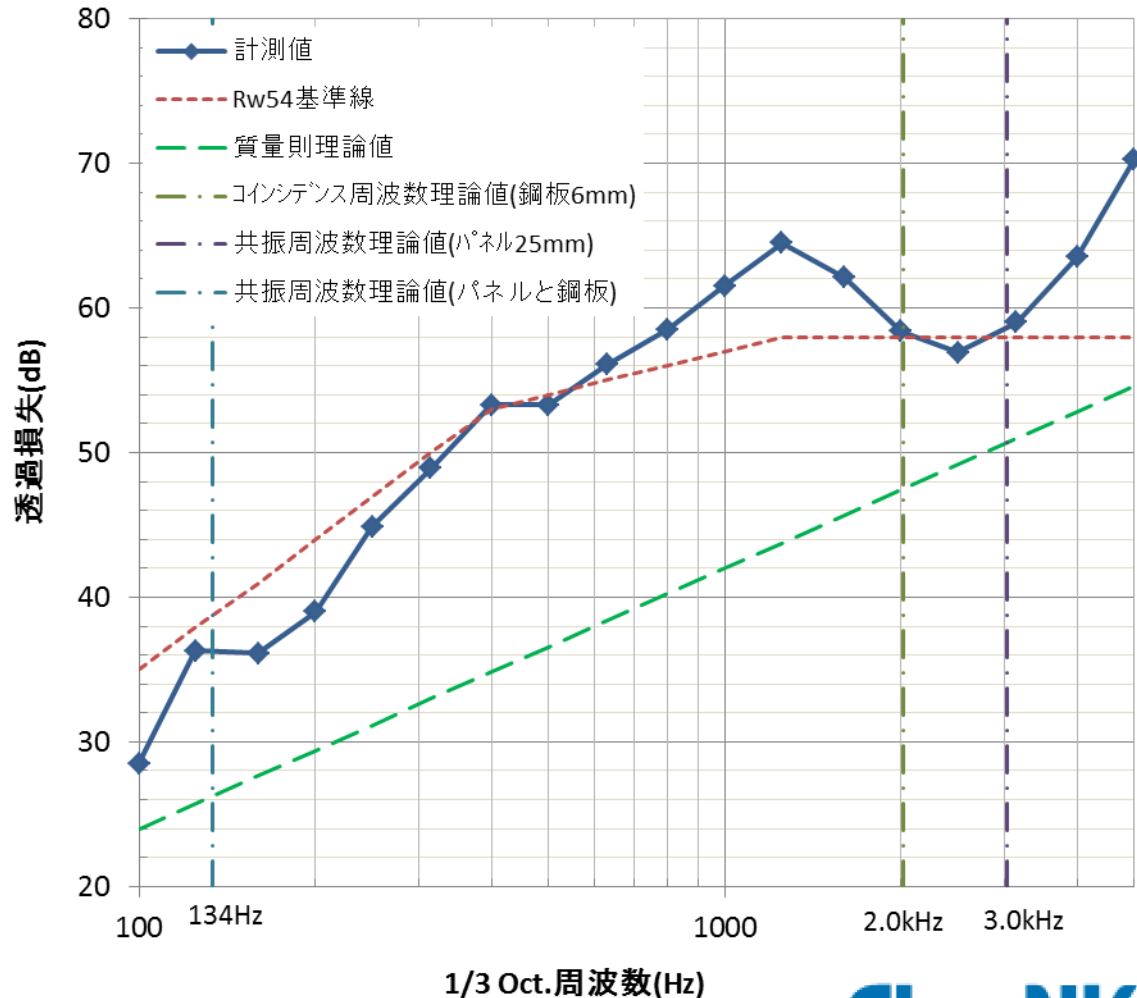
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

# 5 試験結果

## 5.5.2. パネルと鋼板の組み合わせ No.18 鋼板(6mm)+隙間(50mm)+パネルB(25mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 54$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	28.5
125	36.3
160	36.1
200	39.0
250	44.9
315	48.9
400	53.3
500	53.3
630	56.1
800	58.5
1000	61.5
1250	64.5
1600	62.1
2000	58.4
2500	56.9
3150	59.0
4000	63.5
5000	70.3



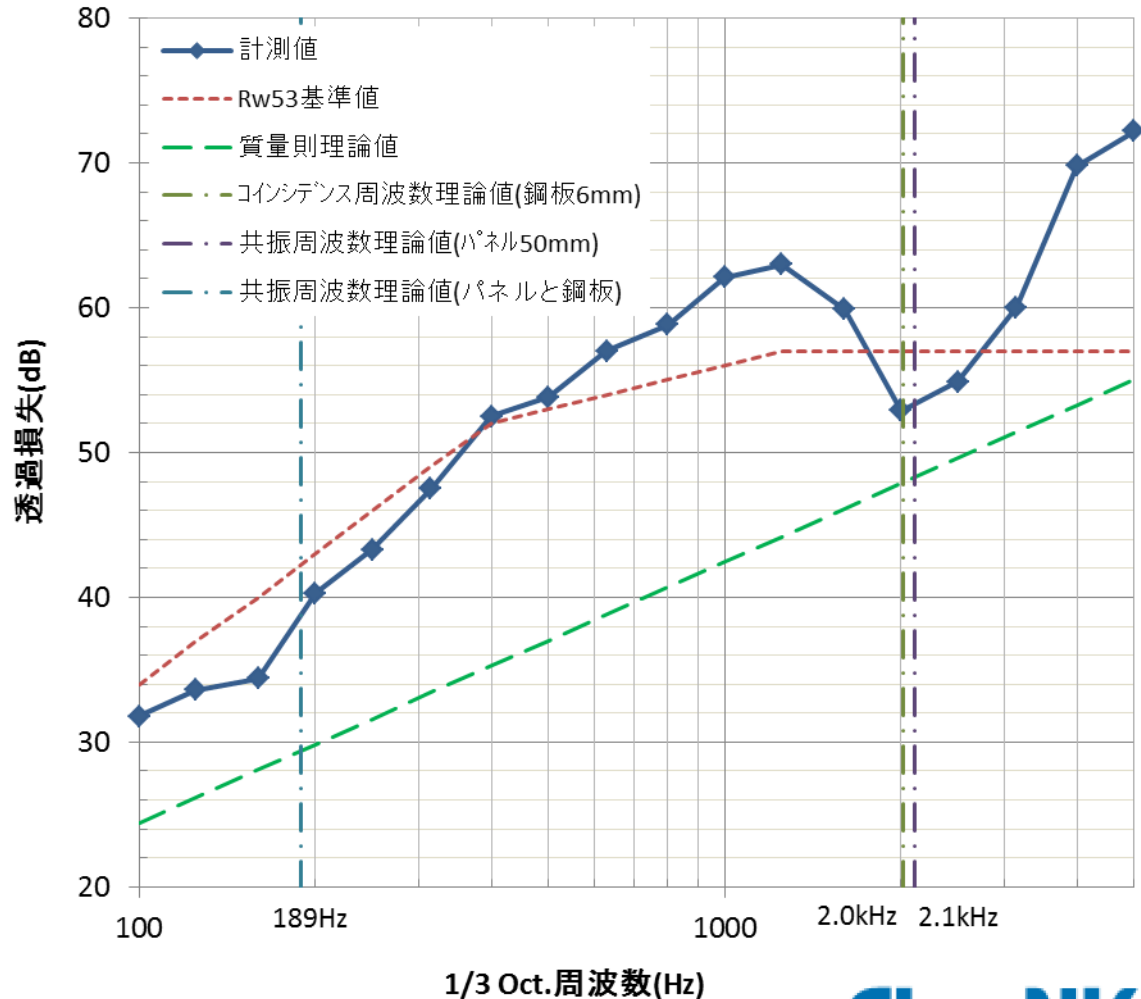
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

# 5 試験結果

## 5.5.3. パネルと鋼板の組み合わせ No.19 鋼板(6mm)+隙間(25mm)+パネルA(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 53$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	31.8
125	33.6
160	34.4
200	40.3
250	43.3
315	47.5
400	52.5
500	53.8
630	57.0
800	58.8
1000	62.1
1250	63.0
1600	59.9
2000	52.9
2500	54.9
3150	60.0
4000	69.8
5000	72.2



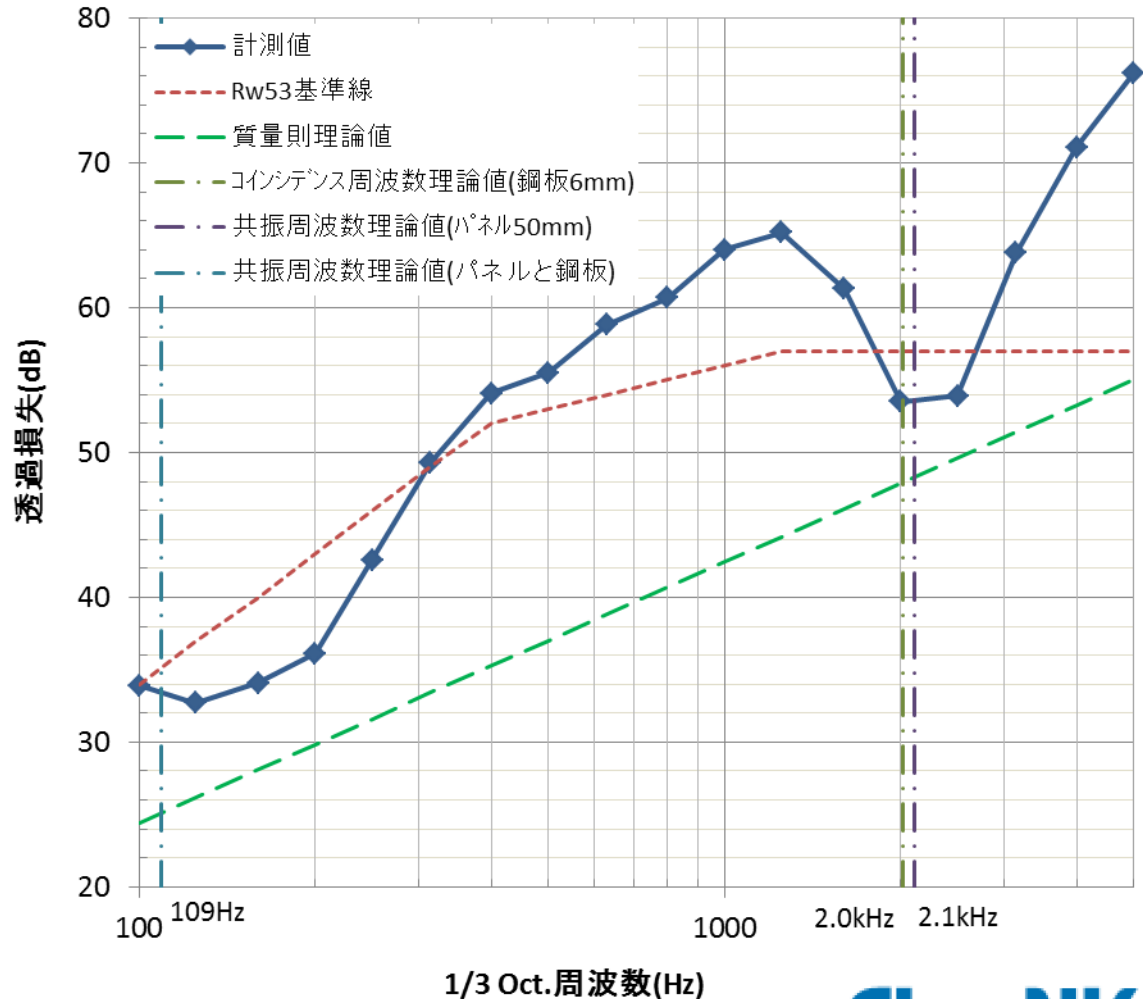
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 5.5.4. パネルと鋼板の組み合わせ No.20 鋼板(6mm)+隙間(75mm)+パネルA(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 53$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	33.9
125	32.7
160	34.1
200	36.1
250	42.6
315	49.3
400	54.1
500	55.5
630	58.8
800	60.7
1000	64.0
1250	65.2
1600	61.3
2000	53.5
2500	53.9
3150	63.8
4000	71.1
5000	76.2



※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

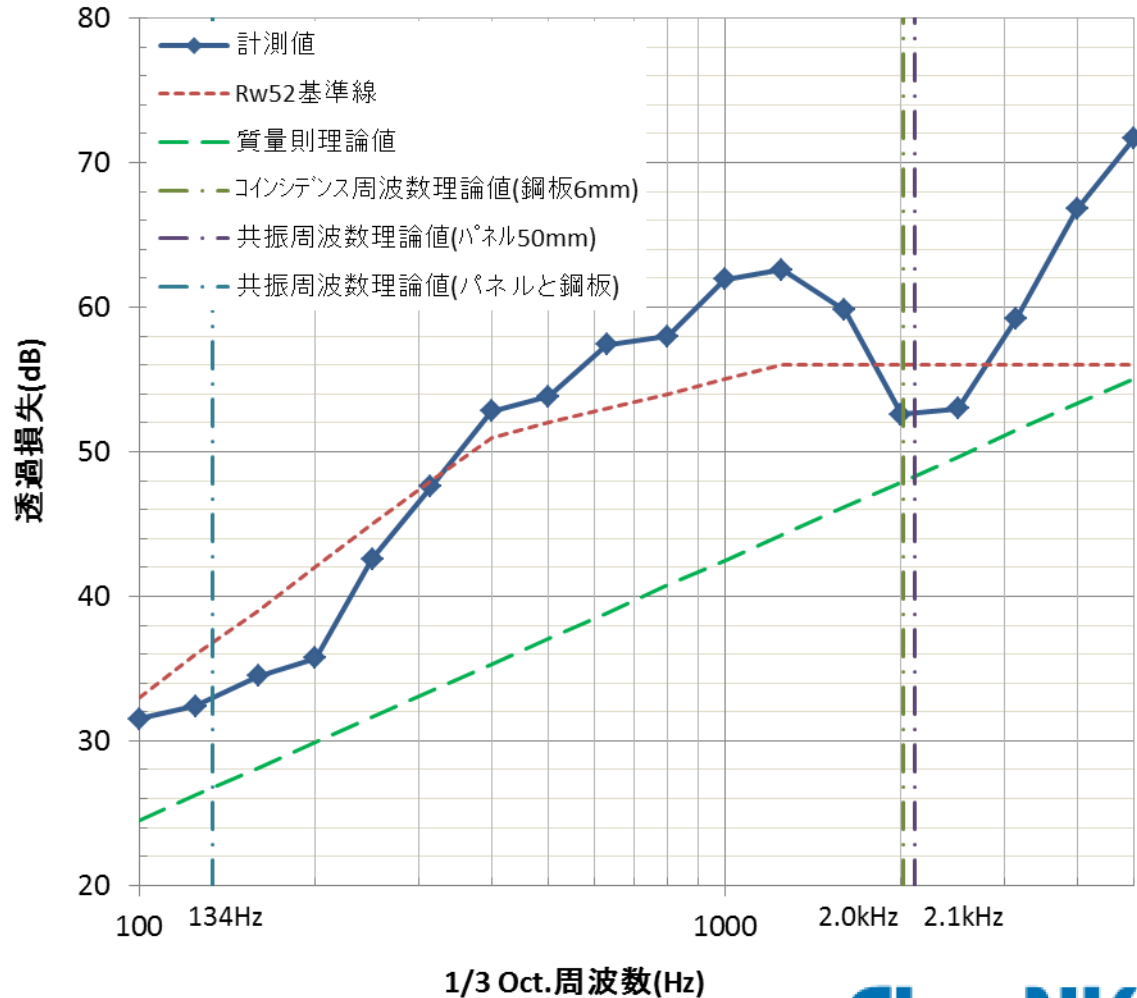


# 5 試験結果

## 5.5.5. パネルと鋼板の組み合わせ No.21 鋼板(6mm)+隙間(50mm)+パネルC(50mm)

重み付き音響透過損失  $R_w = 52$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	31.5
125	32.4
160	34.5
200	35.7
250	42.6
315	47.6
400	52.8
500	53.8
630	57.4
800	58.0
1000	61.9
1250	62.6
1600	59.8
2000	52.6
2500	53.0
3150	59.2
4000	66.8
5000	71.7



※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### パネルと鋼板の組み合わせの評価

- 全帯域で理論値よりも高い性能
- 2重壁間(隙間)距離と遮音性能に相関はない※1
- 低周波数帯域に中空2重壁の共振による欠損がある

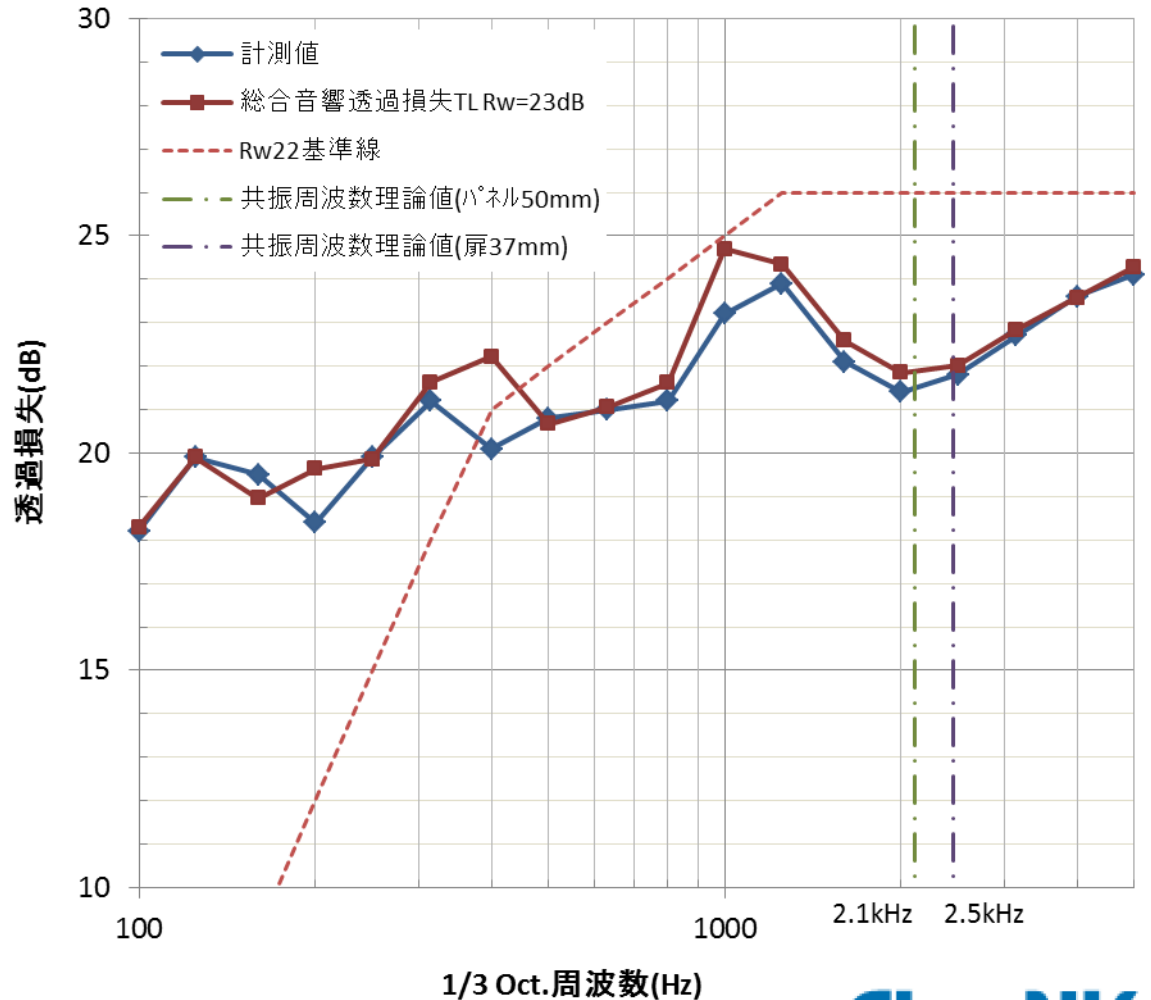
※1:本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない

# 5 試験結果

## 5.6.1.扉の付いたパネル No.22 パネルA(50mm) & 700mm幅 B15 防火扉B(ルーバー開)

重み付き音響透過損失  $R_w = 22$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	18.2
125	19.9
160	19.5
200	18.4
250	19.9
315	21.2
400	20.1
500	20.8
630	21.0
800	21.2
1000	23.2
1250	23.9
1600	22.1
2000	21.4
2500	21.8
3150	22.7
4000	23.6
5000	24.1



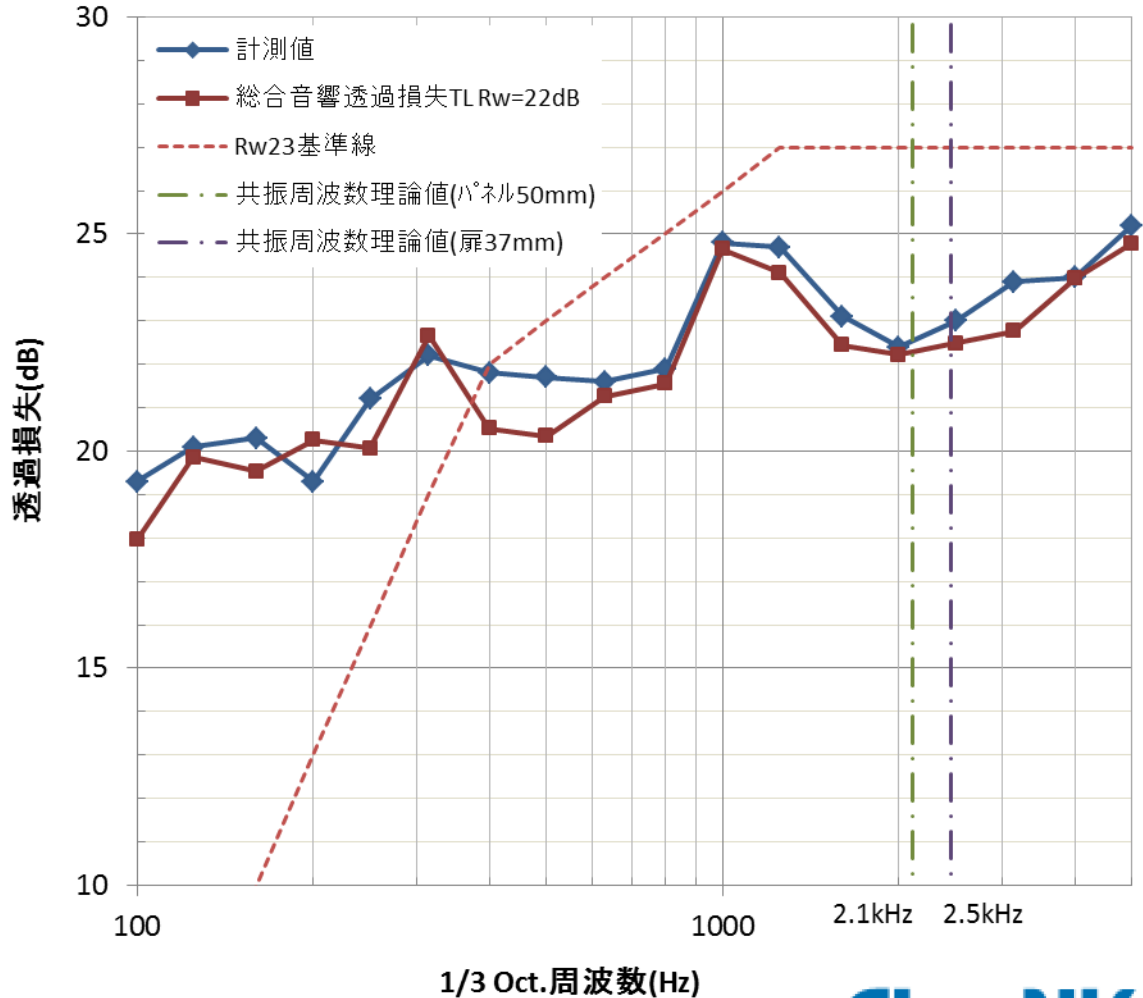
※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

# 5 試験結果

## 5.6.2.扉の付いたパネル No.23 パネルA(50mm) & 900mm幅 B15 防火扉B(ルーバー開)

重み付き音響透過損失  $R_w = 23$

周波数(Hz)	透過損失 (dB)
100	19.3
125	20.1
160	20.3
200	19.3
250	21.2
315	22.2
400	21.8
500	21.7
630	21.6
800	21.9
1000	24.8
1250	24.7
1600	23.1
2000	22.4
2500	23.0
3150	23.9
4000	24.0
5000	25.2



※共振周波数の算出に使用する芯材のヤング率は  
パネルA(50mm)の試験結果から推定した

## 5 試験結果

### 扉の付いたパネルの評価

- 試験結果は総合音響透過損失計算値の周波数特性とよく一致
- Rwの評価では1 dB前後の誤差

総合音響透過損失の比較 Rw(dB)

	試験結果	計算値
扉W700	22	23
扉W900	23	22

## 6. まとめ

## 6. まとめ

### 本調査研究結果のまとめ

#### (1) 鋼板単体

- 鋼板6mm以上で $R_w=35$ 以上の遮音性能を有する
- 単層材料の質量則は周波数に対しては成り立たないが、面密度が重い材料ほど高い遮音性能を示す
- 単層材料のコインシデンス効果(周波数)は理論に従う

#### (2) 鋼板+床材

- 鋼板+床材は面密度が増した分 鋼板単体以上の遮音性能を有する
- 鋼板+ロックウールは有効な方法
- 騒音対策床材によってはコインシデンスの欠損を減らすことが可能※1

※1 本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない

## 6. まとめ

### (3) パネル単体

- パネル厚さが増しても、必ずしも遮音性能は上がらない※1
- パネルは芯材の共振による欠損がある  
(コインシデンス効果とは理論上異なる)

### (4) 鋼板＋パネル

- 鋼板＋隙間＋パネルは単層材に比べ高い性能
- 2重壁間(隙間)距離と遮音性能に相関はない※1
- 低周波数帯域に中空2重壁の共振による欠損がある

※1 本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない



## 6. まとめ

### (5) 扉単体

- 一般的な扉では隙間部からの音漏れが大きく、 $R_w$ 13～14程度※1
- 扉の性能向上には扉-枠間のパッキンやルーバーの改良が必要
- 扉サイズと遮音性能に相関はない※1

### (6) パネル&扉

- パネル&扉に対し総合音響透過損失の計算は成り立つ

※1 本研究結果に対する評価であり、一般的な評価ではない

# 最後に

本研究開発は、一般財団法人日本海事協会、川崎重工業株式会社、ジャパンマリンユナイテッド株式会社、住友重機械マリンエンジニアリング株式会社、長崎船舶装備株式会社、三井造船株式会社、三菱重工業株式会社の共同研究体制のもと実施し、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる研究支援を受けております。

ここに関係者への謝意を表します。