

# 工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさ推定 及び技能試験用試料開発に係る調査研究成果報告書

【JIS A 1405「音響 - イレ°-ダ°ン管による吸音率及びイレ°-ダ°ンの測定方法 定在波比法」

平成 17 年 3 月

財団法人 日本建築総合試験所

## 目 次

1 . 調査研究の概要 .....	2
1.1 調査研究の目的 .....	2
1.2 調査研究の対象 JIS 規格 .....	2
1.3 不確かさの評価方法 .....	2
1.4 技能試験試料の提案 .....	2
2 . 調査研究の実施体制 .....	3
3 . 調査研究の期間 .....	3
4 . 調査研究の成果報告 .....	3
4.1 測定の不確かさの推定 .....	4
4.2 技能試験試料の提案 .....	9

### 附属書

付表 - 1 .....	10
付表 - 2 .....	11
付表 - 3.1 ~ 付表 - 3.4 .....	11
付表 - 4.1 ~ 付表 - 4.3 .....	12
付表 - 5 .....	15
参考資料 .....	16

## 1. 調査研究の概要

### 1.1 調査研究の目的

工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における各分野の代表的な試験について試験結果に影響を及ぼす要因等を調査し、検証実験データを用いた統計的手法により測定の不確かさを推定する。また、技能試験に用いることが可能な均質な試験試料を調査し、提案することを目的とする。

平成 16 年 6 月 9 日に工業標準化法が改正されたことに伴い、平成 16 年 10 月から新 JNLA 制度の運用が開始された。新 JNLA 制度では「指定商品以外の鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」を対象としていた旧 JNLA 制度と異なり、「すべての鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」に対象が大幅に拡大された。新 JNLA 制度に基づき試験事業者として登録を受けるためには、JIS Q 17025(ISO/IEC 17025)「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」を満足する品質システムの構築、運用が必要である。同規格の要求事項の一つに「試験所は、測定の不確かさを推定する手順ともち、適用する」とあり、試験所は測定の不確かさの推定に関する手順書の整備が不可欠である。しかし、校正と異なり試験は数千の規格が存在し、測定の不確かさの推定が進んでいない状況にある。本調査研究は、各分野の代表的な試験について測定の不確かさの推定例を示すことで、広く不確かさを浸透させることも目的の一つと言えるであろう。

### 1.2 調査研究の対象 JIS 規格

本調査研究では、工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における「吸音・遮音試験」に区分される JIS A 1405「音響 - イルミネーション管による吸音率及びイルミネーションの測定方法 - 定在波比法」を取り上げ、同試験に係る不確かさ要因を検討し、検証実験から得られたデータをもとに測定の不確かさを推定する。また、技能試験の試験試料として用いることができる安定した均質な試験結果が得られる製品を検証実験により確認し、提案する。

### 1.3 不確かさの評価方法

上記試験における測定の不確かさの評価は、独立行政法人 製品評価技術基盤機構が公開する「JNLA の試験における測定の不確かさの適用に関する方針」に定められているカテゴリー分類の「定量試験 B」の「十分な数のコントロールサンプル(laboratory control samples)を用いる方法。」により行なう。

不確かさの推定は、A タイプ評価として十分な数のコントロールサンプルから得られた検証実験データを用いて分散分析により、繰返し測定の際のばらつきや各因子のばらつきを求め、標準不確かさを算出する。また、B タイプ評価として試験結果に影響を及ぼす各測定機器の校正の不確かさ及び測定時に生じる各測定機器の量子化誤差による不確かさを考慮する。これらより求めた各標準不確かさを合成し、包含係数  $k=2$  として測定の不確かさ（拡張不確かさ）を算出する。

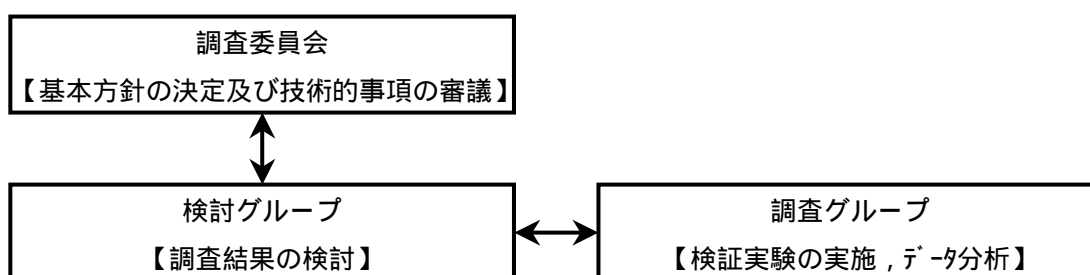
### 1.4 技能試験試料の提案

技能試験の実施に際し、安定した均質な試験結果が得られる試験試料を配付することは最も重要な要素である。しかし、均質な製品を開発することは非常に難しく、専門的な知識や経験を有すると思われる。そこで、JIS A 1405「音響 - イルミネーション管による吸音率及びイルミネーションの測定方法 - 定在波比

法」の試験に精通した試験実施者の経験をもとに検証する製品を選定し、繰返し測定等の結果をもとにばらつきを評価することで、より安定した均一な試験結果が得られる製品を技能試験試料として提案する。

## 2. 調査研究の実施体制

本調査研究を進めるための体制として、独立行政法人 産業技術総合研究所の小池昌義氏を委員長とした独立行政法人 製品評価技術基盤機構が設置する「測定の不確かさ推定及び技能試験品目開発の調査委員会」のもと、当試験所内に検証実験を実施しデータ分析等を行なう調査グループと検証実験データについて討議，助言等を行なう検討グループを設置する。もって、本調査研究の趣旨に副った実験の実施及び報告書の作成を円滑に行なう。検討グループのメンバーは当試験所内で不確かさに造詣が深い職員を選定した。



### 【検討グループ】

井上 豊 (財団法人 日本建築総合試験所 所長)  
 上田 哲夫 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部 部長)  
 西村 宏昭 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室 室長)  
 小南 和也 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長代理)  
 山本 英樹 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部品質管理室 主査)

### 【調査グループ】

倉橋 岩夫 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長)  
 田中 学 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 主査)  
 村上 剛士 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室)

### 【事務局】

土井 清 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 室長)  
 谷中 啓一 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 主査)

## 3. 調査研究の期間

平成16年8月6日～平成17年3月25日

## 4. 調査研究の成果報告

調査研究の成果として、ウレタンフォーム及びグラスウールの2種類の製品について繰返し測定等による検証実験を行ないJIS A 1405「音響 - イル - ダン管による吸音率及びイル - ダンの測定方法 - 定在波比法」における測定の不確かさを提案することができた。また、経年変化が少なく安定した均一

な試験結果が得られる技能試験試料としてグラスウール (GW): JIS A 9504 「人造鉱物繊維保温材」に規定されている「グラスウール保温板 96K」を、切り取り作業を試験機関の技術能力と位置付けた技能試験を実施する場合の技能試験試料としてウレタンフォーム (PUF): JIS A 6301 「吸音材料」の「吸音用軟質ウレタンフォーム」を提案することができた。調査研究の詳細は、下記に示すとおりである。

#### 4.1 測定の不確かさの推定

##### 4.1.1 試験の概要

JIS A 1405 「音響 - インピーダンス管による吸音率及びインピーダンスの測定方法 - 定在波比法」に定められた試験規格と当所が使用する測定機器の特性を考慮した試験実施手順は以下に示すとおりである。

依頼者が搬入する試料から小径試験体 (29 mm) と大径試験体 (99 mm) の 2 種類の試験体を採取する。

試験体を試験装置 (インピーダンス管内) に設置する。

規定の周波数の正弦音波をスピーカから放射し、入射波と試験体からの反射波によってインピーダンス管内に定在波を発生させる。

プローブマイクロホンを移動させながらアナログ式の計測用増幅器に出力される定在波の音圧極大振幅 ( $P_{max}$ ) を探し出し、音圧極大振幅を 30 dB に合わせる。

プローブマイクロホンを移動させながら定在波の音圧極小振幅 ( $P_{min}$ ) を探し出し、音圧極小振幅を対尺度 (dB) で読取る。

下記により音圧レベル差を求める。

$$L = P_{max} - P_{min}$$

ここで、 $P_{max}$ : 音圧極大振幅 (dB)、30dB に設定

$P_{min}$ : 音圧極小振幅 (dB)

読取った対尺度から事前に用意した換算表 (付表 - 1 参照) を用いて吸音率を求める。

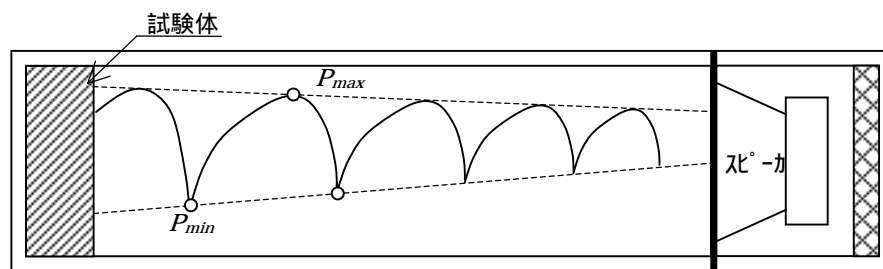


図 - 1 インピーダンス管内の定在波パターン

～ の作業を大径試験体は 250 Hz, 500 Hz, 1kHz について、小径試験体は 1 kHz, 2 kHz について行なう。

吸音率 は、次式により求める。

$$= 4 \times 10^{-L/20} / (10^{-L/20} + 1)^2$$

ここで、 $\alpha$ : 吸音率

$L$ : 音圧レベル差 (dB)

1 kHz の測定結果は、大径試験体と小径試験体の平均値とする。

250 Hz , 500 Hz , 1kHz , 2 kHz の算術平均を求め、これを試験結果とする。

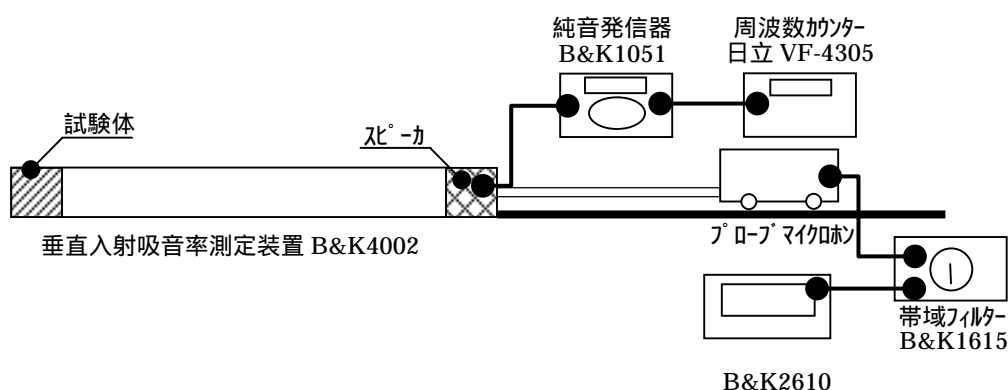


図 - 1 測定装置の概要図

#### 4.1.2 測定に使用する機器

音響試験の試験結果に影響を及ぼす計測器としては、計測用増幅器 ( B & K 2610 ) のみであるが、本試験の場合は純音発信器 ( B & K 1051 ) , スピーカ , プローブマイクロホン及び垂直入射吸音率測定装置 ( B & K 4002 ) 等の機器の特性が試験結果に間接的に影響を及ぼすと考えられる。ただし、本試験に使用する計測器等は、国家計量標準又は国際標準にトレーサビリティを確保すること、及び校正の不確かさを求めることは現時点では困難である。なお、周波数カウンター ( 日立 VF-4305 ) 等を用いて定在波の周波数が適正であるか等については現状で可能な個別の対策を講じている。

本試験に用いる計測器の校正の不確かさは求められていないが、JIS A 1405 には本規格に規定される計測器を用いた場合の非線形誤差 , 読取り誤差 , 不安定及び温度変化による誤差は 0.2dB 以下としており、当所が使用する全ての機器は本規格に適合していることから、校正の不確かさを 0.2dB と仮定する。

#### 4.1.3 試験体 ( 実験対象材料 )

本試験では試験体の抜取り精度が測定結果に影響を及ぼすことや切り取り作業の難易は試験体の材質に依存することが経験的に分かっている。これらの影響が比較的顕著に現れるウレタンフォーム ( PUF : JIS A 6301 「吸音材料」の「吸音用軟質ウレタンフォーム」) を測定の不確かさを推定するための試験体として選定した。また、材質の違いによるばらつきの評価を行なうこと及び技能試験試料の開発を目的としてグラスウール ( GW : JIS A 9504 「人造鉱物繊維保温材」の「グラスウール保温板 96K」) を当該試験の試験担当者が経験をもとに選定した。グラスウールは、調達容易にできる一般的に市販されている製品で、経年変化等が起こり難く、また測定用試料の切り取り作業も比較的容易で、安定的で均一な試験結果が得られる。ウレタンフォームについては厚さによるばらつきも検討できるように 2 種類 ( 厚さ 20 mm、50 mm ) の試料を準備した。なお、準備した製品は JIS 規格製品である。

##### 製品

- ・ウレタンフォーム ( PUF ) : JIS A 6301 「吸音材料」の「吸音用軟質ウレタンフォーム」  
厚さ : 20 mm、50 mm

## 製品

- ・グラスウール (GW): JIS A 9504「人造鉱物繊維保温材」の「グラスウール保温板 96K」  
厚さ: 25 mm

### 4.1.4 不確かさの特性要因図

本試験における測定の不確かさの要因は、下記の特性要因図に示すようなものが考えられる。本試験は、プローブマイクロホンを移動させながらアナログ式の計測用増幅器に出力される定在波の音圧極大振幅 ( $P_{max}$ ) 及び音圧極小振幅 ( $P_{min}$ ) を探し出す等の測定者の技量によって試験結果が大きくばらつくと思われる試験手順が複数含まれている。また、本試験では依頼者が持込む試料の任意の位置から試験体を採取することから、均質でない搬入試料であればサンプリング位置の違いで試験結果は大きく変わる可能性がある。そこで、測定者の違いによるばらつき及び搬入試料から試験体を切り取る作業 (サンプリング) の 2 要因について検証実験を行なうこととする。

ここでは、前述の 2 要因に着目して不確かさを評価することとしているが、繰返し測定の結果から得られたばらつきはサンプリングを除く全ての要因が含まれたばらつきの評価となる。繰返し測定は、測定日、測定者及び環境条件 (温度、湿度) 等の測定条件が異なる状況で行なった結果である。

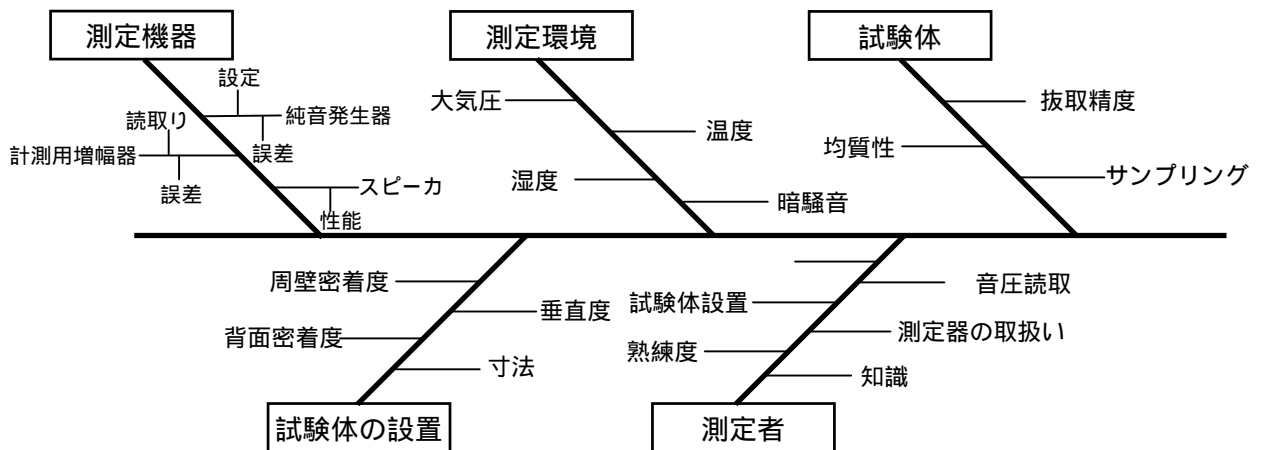


図 - 2 不確かさの特性要因図

### 4.1.5 不確かさの推定のための実験概要

測定の不確かさを推定する最も効率的な方法としては、安定した均質な試験体を用いた繰返し測定から得られたデータを統計的手法により解析することである。本試験は、非破壊試験であることから同一試験体を用いた繰返し測定が可能であることから、試験体のばらつきが含まれない測定の不確かさが評価できると思われる。ここでは、2名の測定者がそれぞれ5回の繰返し測定を行ない、得られた実験データを用いて分散分析により測定の不確かさを推定する。なお、本試験では依頼者が持ち込んだ試料から試験体を切り取る作業 (サブサンプリング) も試験の一項目として含まれており、本試験における測定の不確かさに大きく影響を及ぼす要因であると想定されることからサンプリング (位置・切り取り) による不確かさについても評価する。

繰返し測定による不確かさ

同一試験体【PUF - B - 3】について測定者 2 名が 5 回の繰返し測定を実施する。

サンプリング（位置・切り取り）による不確かさ

・材 質：ウレタンフォーム（PUF） × 2 試料（厚さ 20 mm、50 mm）

グラスウール（GW）（厚さ 25 mm）

・試験体：900 mm × 1800 mm の試料から 300 mm 角の試験体を 18 体採取する。

・採取した 18 体全ての試験を実施する。

・試験データ：18 体【No.1 ~ No.18】 × 3 試料【PUF , GW】 = 54 データ

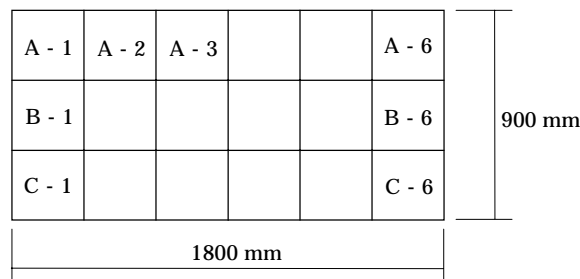


図 - 3 試験体の採取方法

#### 4.1.6 検証実験結果

本試験は、数種の周波数の吸音率を測定し、全周波数の平均値を試験結果とすることから、各段階の周波数における測定の不確かさ及び全周波数の平均値に対する不確かさの 2 種類の不確かさについて求める必要がある。

繰返し測定による不確かさ

繰返し測定は、測定者 2 名が同一の試験体について各 5 回の繰返し測定を行なった。その結果を付表 - 2 に示す。低周波数領域では比較的測定者間のばらつきは大きい、高周波数領域では繰返し測定のばらつきが大きく、測定者間のばらつきは無視できる大きさになる。各測定データを用いて分散分析により不確かさを評価した結果、測定者の違いによる不確かさを含んだ繰返し測定の不確かさは 250 Hz ~ 2kHz の周波数領域では 0.0052 ~ 0.0082 で、平均吸音率の測定の不確かさは 0.0065 であるとの結果を得た（付表 - 3.1 ~ 付表 - 3.4 参照）。

サンプリング（位置・切り取り）による不確かさ

材質（ウレタンフォーム、グラスウール）及び厚さ（20 mm、50 mm）の異なる 3 種類の製品（900 mm × 1800 mm）から 18 体の試験体（300 mm × 300 mm）に分割し、その全ての試験体について測定を実施することでサンプリングによるばらつきを評価した。ウレタンフォームの測定結果を付表 - 4.1 及び付表 - 4.2 に、グラスウールの測定結果を付表 - 4.3 に示す。また、分散分析の結果を付表 - 5 に示す。サンプリングによる測定の不確かさは、250 Hz ~ 2kHz の周波数領域では 0.0068 ~ 0.0210 で周波数によりばらつきが約 3 倍異なる。平均吸音率の測定の不確かさは 0.0133 ~ 0.0155 と比較的安定した結果となった。また、平均値の実験標準偏差は各周波数の実験標準偏差に比べて非常に小さく、サンプリングによるばらつきは大きく影響しないことが



確認できた。

#### 4.1.7 不確かさのバジェットシート

ウレタンフォーム（PUF：厚さ 20mm：平均吸音率 = 0.497）の不確かさのバジェットシートを表 - 1.1 に、ウレタンフォーム（PUF：厚さ 50mm：平均吸音率 = 0.620）の不確かさのバジェットシートを表 - 1.2 に、グラスウール（GW：厚さ 25mm：平均吸音率 = 0.506）の不確かさのバジェットシートを表 - 1.3 に示す。

#### 【ウレタンフォーム（PUF）：厚さ 20mm】

表 - 1.1 バジェットシート【ウレタンフォーム（PUF）：平均吸音率 = 0.497】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>ci</i>	標準不確かさ
サンプリグの不確かさ <i>Usam</i>	0.0139	-	正規分布 (1)	1	0.0139
繰返しの不確かさ <i>Urep</i>	0.0065	-	正規分布 (1)	1	0.0065
計測用増幅器の校正の不確かさ <i>Ucal</i>	0.2	dB	正規分布 ( $\sqrt{3}$ )	0.0442	0.0051
計測用増幅器の分解能の不確かさ <i>Ures</i>	0.25	dB	矩形分布 ( $2\sqrt{3}$ )	0.0443	0.0032
合成標準不確かさ <i>Uc</i>	/		正規分布	/	0.0165
拡張不確かさ <i>U</i>			正規分布 $k_{95}=2$		0.033

JIS A 1405「音響 - イルダ管による吸音率及びイルダ管の測定方法 - 定在波比法」により試験体：厚さ 20mm のウレタンフォーム（PUF）を試験した結果、平均吸音率は 0.497 で、そのときの拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.033 である。なお、試験規格で定められている搬入試料から試験体をサンプリングする作業を除いた拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.018 である。

#### 【ウレタンフォーム（PUF）：厚さ 50mm】

表 - 1.2 バジェットシート【ウレタンフォーム（PUF）：平均吸音率 = 0.620】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>ci</i>	標準不確かさ
サンプリグの不確かさ <i>Usam</i>	0.0155	-	正規分布 (1)	1	0.0155
繰返しの不確かさ <i>Urep</i>	0.0065	-	正規分布 (1)	1	0.0065
計測用増幅器の校正の不確かさ <i>Ucal</i>	0.2	dB	正規分布 ( $\sqrt{3}$ )	0.0442	0.0051
計測用増幅器の分解能の不確かさ <i>Ures</i>	0.25	dB	矩形分布 ( $2\sqrt{3}$ )	0.0443	0.0032
合成標準不確かさ <i>Uc</i>	/		正規分布	/	0.0179
拡張不確かさ <i>U</i>			正規分布 $k_{95}=2$		0.036

JIS A 1405「音響 - イルダ管による吸音率及びイルダ管の測定方法 - 定在波比法」により試験体：厚さ 20mm のウレタンフォーム（PUF）を試験した結果、平均吸音率は 0.620 で、そのときの拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.036 である。なお、試験規格で定められている搬入試料から試験体をサンプリングする作業を除いた拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.018 である。

【グラスウール (GW): 厚さ 25mm】

表 - 1.3 バジェットシート【グラスウール (GW): 平均吸音率 = 0.506】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 $ci$	標準不確かさ
サンプリグの不確かさ $u_{sam}$	0.0133	-	正規分布 (1)	1	0.0133
繰返しの不確かさ $u_{rep}$	0.0065	-	正規分布 (1)	1	0.0065
計測用増幅器の校正の不確かさ $u_{cal}$	0.2	dB	正規分布 ( $\sqrt{3}$ )	0.0442	0.0051
計測用増幅器の分解能の不確かさ $u_{res}$	0.25	dB	矩形分布 ( $2\sqrt{3}$ )	0.0443	0.0032
合成標準不確かさ $u_c$	/		正規分布	/	0.0160
拡張不確かさ $U$			正規分布 $k_{95}=2$		0.032

JIS A 1405「音響 - イレ°-ダ°ン管による吸音率及びイレ°-ダ°ンの測定方法 - 定在波比法」により試験体：厚さ 25mm のグラスウール (GW) を試験した結果、平均吸音率 は 0.506 で、そのときの拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.032 である。なお、試験規格で定められている搬入試料から試験体をサンプリングする作業を除いた拡張不確かさは包含係数を  $k=2$  とした場合、0.018 である。

#### 4.2 技能試験試料の提案

測定の不確かさの推定に用いたウレタンフォーム (PUF): JIS A 6301「吸音材料」の「吸音用軟質ウレタンフォーム」及びグラスウール (GW): JIS A 9504「人造鉱物繊維保温材」の「グラスウール保温板 96K」の 2 種類の試験試料には繰返し測定によるばらつき、サンプリングによるばらつき及び製品間のばらつきに有意な差は見られず、ほぼ均一な試験結果が得られることから両試料とも技能試験の配付試料として用いることは十分可能であると考えます。

技能試験は、プロバイダーが試料の採取、均質性試験及び試験体の配付等を行なうことから試料入手から試験実施までにある程度の時間を要する。技能試験の実施にあたり、経年変化の少ない試料の配付を優先するのであれば、グラスウールを技能試験試料として配付することを提案する。一方、試験手順の一つである切り取り作業の精度を試験機関の技術能力の要因と考えた技能試験を実施するのであれば、切り取り作業に熟練を要するウレタンフォームを技能試験試料として配付することも一案と考える。ただし、試験体の厚さが大きくなると試験体の影響によって不確かさが大きくなる傾向にあることから試験体厚さは 25 mm 程度のものを使用することが望ましいと考える。

以 上

付表 - 1 定在波音圧比( L ) - 垂直入射吸音率( )換算表

L(dB)		L(dB)		L(dB)		L(dB)	
0.00	1.00						
0.25	1.00	15.25	0.50	30.25	0.12	45.25	0.02
0.50	1.00	15.50	0.49	30.50	0.11	45.50	0.02
0.75	1.00	15.75	0.48	30.75	0.11	45.75	0.02
1.00	1.00	16.00	0.47	31.00	0.11	46.00	0.02
1.25	0.99	16.25	0.46	31.25	0.10	46.25	0.02
1.50	0.99	16.50	0.45	31.50	0.10	46.50	0.02
1.75	0.99	16.75	0.44	31.75	0.10	46.75	0.02
2.00	0.99	17.00	0.43	32.00	0.10	47.00	0.02
2.25	0.98	17.25	0.42	32.25	0.09	47.25	0.02
2.50	0.98	17.50	0.42	32.50	0.09	47.50	0.02
2.75	0.98	17.75	0.41	32.75	0.09	47.75	0.02
3.00	0.97	18.00	0.40	33.00	0.09	48.00	0.02
3.25	0.97	18.25	0.39	33.25	0.08	48.25	0.02
3.50	0.96	18.50	0.38	33.50	0.08	48.50	0.01
3.75	0.95	18.75	0.37	33.75	0.08	48.75	0.01
4.00	0.95	19.00	0.36	34.00	0.08	49.00	0.01
4.25	0.94	19.25	0.35	34.25	0.07	49.25	0.01
4.50	0.94	19.50	0.35	34.50	0.07	49.50	0.01
4.75	0.93	19.75	0.34	34.75	0.07	49.75	0.01
5.00	0.92	20.00	0.33	35.00	0.07	50.00	0.01
5.25	0.91	20.25	0.32	35.25	0.07	50.25	0.01
5.50	0.91	20.50	0.32	35.50	0.06	50.50	0.01
5.75	0.90	20.75	0.31	35.75	0.06	50.75	0.01
6.00	0.89	21.00	0.30	36.00	0.06	51.00	0.01
6.25	0.88	21.25	0.29	36.25	0.06	51.25	0.01
6.50	0.87	21.50	0.29	36.50	0.06	51.50	0.01
6.75	0.86	21.75	0.28	36.75	0.06	51.75	0.01
7.00	0.85	22.00	0.27	37.00	0.05	52.00	0.01
7.25	0.84	22.25	0.27	37.25	0.05	52.25	0.01
7.50	0.83	22.50	0.26	37.50	0.05	52.50	0.01
7.75	0.82	22.75	0.25	37.75	0.05	52.75	0.01
8.00	0.81	23.00	0.25	38.00	0.05	53.00	0.01
8.25	0.80	23.25	0.24	38.25	0.05	53.25	0.01
8.50	0.79	23.50	0.23	38.50	0.05	53.50	0.01
8.75	0.78	23.75	0.23	38.75	0.05	53.75	0.01
9.00	0.77	24.00	0.22	39.00	0.04	54.00	0.01
9.25	0.76	24.25	0.22	39.25	0.04	54.25	0.01
9.50	0.75	24.50	0.21	39.50	0.04	54.50	0.01
9.75	0.74	24.75	0.21	39.75	0.04	54.75	0.01
10.00	0.73	25.00	0.20	40.00	0.04	55.00	0.01
10.25	0.72	25.25	0.20	40.25	0.04	55.25	0.01
10.50	0.71	25.50	0.19	40.50	0.04	55.50	0.01
10.75	0.70	25.75	0.19	40.75	0.04	55.75	0.01
11.00	0.69	26.00	0.18	41.00	0.04	56.00	0.01
11.25	0.68	26.25	0.18	41.25	0.03	56.25	0.01
11.50	0.66	26.50	0.17	41.50	0.03	56.50	0.01
11.75	0.65	26.75	0.17	41.75	0.03	56.75	0.01
12.00	0.64	27.00	0.16	42.00	0.03	57.00	0.01
12.25	0.63	27.25	0.16	42.25	0.03	57.25	0.01
12.50	0.62	27.50	0.16	42.50	0.03	57.50	0.01
12.75	0.61	27.75	0.15	42.75	0.03	57.75	0.01
13.00	0.60	28.00	0.15	43.00	0.03	58.00	0.01
13.25	0.59	28.25	0.14	43.25	0.03	58.25	0.00
13.50	0.58	28.50	0.14	43.50	0.03	58.50	0.00
13.75	0.57	28.75	0.14	43.75	0.03	58.75	0.00
14.00	0.55	29.00	0.13	44.00	0.02	59.00	0.00
14.25	0.54	29.25	0.13	44.25	0.02	59.25	0.00
14.50	0.53	29.50	0.13	44.50	0.02	59.50	0.00
14.75	0.52	29.75	0.12	44.75	0.02	59.75	0.00
15.00	0.51	30.00	0.12	45.00	0.02	60.00	0.00

付表 - 2 繰返し測定の結果

測定No.	空気温度 ( )	吸音率測定結果				平均 吸音率	
		250Hz	500Hz	1kHz	2kHz		
測定者 X	1	20.0	0.14	0.27	0.69	0.94	0.509
	2	20.0	0.13	0.28	0.70	0.94	0.513
	3	20.0	0.13	0.27	0.69	0.94	0.506
	4	20.0	0.14	0.26	0.69	0.94	0.508
	5	20.0	0.13	0.28	0.69	0.95	0.511
測定者 Y	1	20.0	0.12	0.28	0.70	0.94	0.509
	2	20.0	0.13	0.27	0.69	0.95	0.509
	3	20.0	0.13	0.28	0.68	0.94	0.508
	4	20.0	0.12	0.26	0.68	0.95	0.503
	5	20.0	0.12	0.28	0.69	0.95	0.509
平均値	20.0	0.129	0.273	0.687	0.944	0.508	
標準偏差	0.0	0.007	0.008	0.006	0.005	0.007	
偏差/平均(%)	0.0	5.720	3.016	0.921	0.547	2.551	

: 試料は、ウレタンフォーム20mmの「B - 3」を使用。

Xの平均	20.0	0.134	0.272	0.689	0.942	0.509
Yの平均	20.0	0.124	0.274	0.685	0.946	0.507
Xの標準偏差	0.00	0.0055	0.0084	0.0065	0.0045	0.0026
Yの標準偏差	0.00	0.0055	0.0089	0.0061	0.0055	0.0027

付表 - 3.1 吸音率 (250Hz) の分散分析表

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
測定者 $A$	1	0.00025	0.00025	$\sigma_e^2 + 5\sigma_A^2$
誤差 $e$	9	0.00024	2.7E-05	$\sigma_e^2$
$T$	10	0.00049	0.00028	

$$u_A = 0.0030$$

$$u_e = 0.0052$$

$$u_{R250} = 0.0060$$

付表 - 3.2 吸音率 (500Hz) の分散分析表

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
測定者 $A$	1	0.00001	1E-05	$\sigma_e^2 + 5\sigma_A^2$
誤差 $e$	9	0.00061	6.8E-05	$\sigma_e^2$
$T$	10	0.00062	7.8E-05	

$$u_A =$$

$$u_e = 0.0082$$

$$u_{R500} = 0.0082$$

付表 - 3.3 吸音率 (1kHz) の分散分析表

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
測定者 $A$	1	0.00004	4E-05	$\sigma_e^2 + 5\sigma_A^2$
誤差 $e$	9	0.00036	4E-05	$\sigma_e^2$
$T$	10	0.00040	8E-05	

$$u_A =$$

$$u_e = 0.0063$$

$$u_{R1} = 0.0063$$

付表 - 3.4 吸音率 (2kHz) の分散分析表

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
測定者 $A$	1	0.00004	4E-05	$\sigma_e^2 + 5\sigma_A^2$
誤差 $e$	9	0.00024	2.7E-05	$\sigma_e^2$
$T$	10	0.00028	6.7E-05	

$$u_A = 0.0007$$

$$u_e = 0.0052$$

$$u_{R2} = 0.0052$$

付表 - 4.1 サンプリング位置の確認試験結果 [試験試料: ウレタンフォーム: 厚20mm]

サンプルNo.	空気温度 ( )	300mm角サンプルの諸元			大試料実測直径・質量		小試料実測直径・質量		吸音率測定結果						平均 吸音率	
		実測質量	実測厚さ	算出 かさ密度	直径1	直径2	質量	直径1	直径2	質量	250Hz	500Hz	1kHz(大)	1kHz(小)		2kHz
A-1	20.0	48.53	19.88	27.12	99.1	98.3	4.06	29.1	29.1	0.34	0.12	0.26	0.74	0.60	0.91	0.490
A-2	20.0	48.55	19.79	27.26	99.1	99.3	4.11	30.2	28.8	0.33	0.14	0.29	0.76	0.61	0.87	0.496
A-3	20.0	49.00	19.92	27.33	100.0	98.8	4.16	28.6	28.4	0.33	0.14	0.28	0.75	0.64	0.91	0.506
A-4	20.0	49.37	19.88	27.59	99.2	100.2	4.16	28.7	28.8	0.35	0.13	0.27	0.75	0.61	0.87	0.488
A-5	20.0	49.05	19.91	27.37	98.8	100.6	4.16	28.7	28.4	0.34	0.12	0.29	0.76	0.61	0.92	0.504
A-6	20.0	49.71	20.04	27.56	99.8	100.8	4.17	29.0	28.7	0.35	0.13	0.29	0.75	0.61	0.89	0.498
B-1	20.0	48.82	19.92	27.23	99.2	99.8	4.12	28.9	29.0	0.35	0.13	0.27	0.78	0.58	0.87	0.488
B-2	20.0	48.55	19.88	27.14	98.8	99.1	4.09	29.4	30.3	0.33	0.13	0.29	0.78	0.59	0.87	0.494
B-3	20.0	48.84	19.76	27.46	100.4	99.3	4.11	29.0	30.5	0.34	0.13	0.27	0.75	0.63	0.94	0.508
B-4	20.0	49.10	19.81	27.54	100.0	99.5	4.15	28.9	29.4	0.33	0.12	0.27	0.76	0.62	0.91	0.498
B-5	20.0	48.99	19.92	27.33	99.2	99.4	4.13	29.0	28.9	0.34	0.12	0.27	0.77	0.58	0.88	0.486
B-6	20.0	49.56	19.84	27.76	98.7	100.4	4.15	29.0	29.4	0.34	0.13	0.29	0.77	0.58	0.90	0.499
C-1	20.0	49.26	19.94	27.45	99.3	99.4	4.19	28.9	28.5	0.34	0.13	0.27	0.76	0.63	0.89	0.496
C-2	20.0	48.48	19.77	27.25	99.4	99.5	4.12	29.0	28.8	0.33	0.12	0.27	0.77	0.65	0.88	0.495
C-3	20.0	48.67	19.70	27.45	99.8	99.0	4.11	28.6	29.9	0.34	0.13	0.28	0.77	0.65	0.87	0.498
C-4	20.0	48.90	19.73	27.54	99.0	99.0	4.12	29.7	28.8	0.35	0.14	0.30	0.75	0.62	0.88	0.501
C-5	20.0	49.59	19.92	27.66	100.0	99.6	4.12	29.1	28.7	0.33	0.13	0.29	0.77	0.66	0.88	0.504
C-6	20.0	48.91	20.04	27.12	99.1	98.4	4.16	29.0	30.3	0.34	0.13	0.28	0.76	0.64	0.87	0.495
平均値	20.0	48.99	19.87	27.40	99.4	99.5	4.13	29.0	29.2	0.34	0.13	0.28	0.76	0.62	0.89	0.497
標準偏差	0.0	0.38	0.10	0.19	0.5	0.7	0.0	0.39	0.7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.006
偏差/平均(%)	0.0	0.78	0.48	0.69	0.5	0.7	0.8	1.35	2.3	2.24	5.25	3.97	1.49	4.08	2.36	1.266

付表 - 4.2 サンプリング位置の確認試験結果 [試験試料: ウレタンフォーム: 厚50 mm]

サンプルNo.	空気温度 ( )	300mm角サンプルの諸元			大試料実測直径・質量		小試料実測直径・質量		吸音率測定結果					平均 吸音率		
		実測質量	実測厚さ	算出 かさ密度	直径1	直径2	質量	質量	直径1	直径2	質量	250Hz	500Hz		1kHz(大)	1kHz(小)
A-1	20.0	122.33	49.62	27.39	99.5	100.0	10.11	28.5	28.0	0.82	0.33	0.68	0.69	0.79	0.75	0.625
A-2	20.0	120.36	50.02	26.74	99.4	99.8	10.43	28.0	28.2	0.80	0.35	0.66	0.68	0.81	0.73	0.621
A-3	20.0	122.05	49.60	27.34	99.1	99.7	10.21	27.8	28.5	0.80	0.35	0.68	0.65	0.78	0.73	0.619
A-4	20.0	119.95	49.60	26.87	99.6	100.5	10.27	29.0	29.9	0.83	0.34	0.69	0.64	0.79	0.73	0.619
A-5	20.0	122.11	49.45	27.44	99.5	99.8	10.28	29.2	28.8	0.84	0.36	0.69	0.62	0.83	0.77	0.636
A-6	20.0	122.26	49.50	27.44	99.8	100.1	10.34	28.8	29.1	0.79	0.36	0.64	0.62	0.83	0.74	0.616
B-1	20.0	124.00	50.45	27.31	98.9	99.5	10.39	28.5	28.3	0.83	0.36	0.69	0.63	0.80	0.74	0.626
B-2	20.0	122.27	49.02	27.71	99.5	99.6	10.16	28.2	28.3	0.80	0.34	0.68	0.63	0.80	0.72	0.614
B-3	20.0	122.34	49.35	27.54	99.4	99.8	10.31	29.0	29.2	0.83	0.36	0.66	0.61	0.79	0.75	0.618
B-4	20.0	122.06	49.42	27.44	99.5	99.7	10.28	28.1	29.0	0.81	0.35	0.69	0.64	0.78	0.72	0.618
B-5	20.0	122.92	49.49	27.60	99.8	99.8	10.29	29.7	29.9	0.81	0.36	0.66	0.62	0.80	0.75	0.620
B-6	20.0	123.10	49.45	27.66	99.6	99.7	10.38	28.2	28.5	0.78	0.37	0.64	0.62	0.81	0.74	0.616
C-1	20.0	124.30	50.68	27.25	99.6	99.9	10.44	28.2	29.0	0.78	0.38	0.69	0.64	0.82	0.73	0.633
C-2	20.0	123.67	49.14	27.96	99.0	99.7	10.18	28.3	28.9	0.79	0.35	0.71	0.62	0.82	0.73	0.628
C-3	20.0	123.22	49.44	27.69	98.5	99.4	10.29	29.1	28.9	0.81	0.32	0.69	0.62	0.79	0.76	0.619
C-4	20.0	123.33	49.37	27.76	99.2	98.6	10.24	28.9	29.2	0.80	0.35	0.68	0.61	0.81	0.72	0.615
C-5	20.0	123.23	49.60	27.61	98.6	98.9	10.34	28.7	28.9	0.82	0.33	0.69	0.62	0.79	0.72	0.611
C-6	20.0	123.91	49.53	27.80	99.0	98.4	10.44	28.8	29.2	0.82	0.35	0.65	0.61	0.82	0.73	0.611
平均値	20.0	122.63	49.60	27.48	99.3	99.6	10.30	28.6	28.9	0.81	0.35	0.68	0.63	0.80	0.74	0.620
標準偏差	0.0	1.15	0.41	0.31	0.4	0.5	0.1	0.49	0.5	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.007
偏差/平均(%)	0.0	0.94	0.83	1.12	0.4	0.5	0.9	1.73	1.8	2.20	4.21	2.92	3.57	2.00	1.98	1.109

付表 - 4.3 サンプルング位置の確認試験結果 (試験試料: グラスウール: 厚25mm)

サンプルNo.	空気温度 ( )	300mm角サンプルの諸元			大試料実測直径・質量		小試料実測直径・質量		吸音率測定結果					平均 吸音率		
		実測質量	実測厚さ	算出 かさ密度	直径1	直径2	質量	直径1	直径2	質量	250Hz	500Hz	1kHz(大)		1kHz(小)	2kHz
A-1	20.0	223.93	26.11	95.29	99.0	99.0	18.52	28.5	29.6	1.53	0.16	0.29	0.69	0.64	0.91	0.506
A-2	20.0	215.59	26.03	92.03	99.0	99.2	18.41	28.6	28.8	1.58	0.16	0.29	0.69	0.62	0.91	0.504
A-3	20.0	225.53	26.13	95.90	99.2	99.3	19.63	28.2	29.1	1.54	0.16	0.26	0.68	0.64	0.91	0.498
A-4	20.0	231.92	26.18	98.43	99.6	99.4	21.45	28.3	29.2	1.61	0.17	0.33	0.69	0.64	0.93	0.524
A-5	20.0	225.85	25.96	96.67	99.5	99.9	21.35	28.3	29.1	1.72	0.17	0.32	0.69	0.65	0.91	0.518
A-6	20.0	216.68	25.80	93.32	99.3	99.5	18.56	28.5	29.3	1.28	0.16	0.29	0.69	0.62	0.94	0.511
B-1	20.0	215.33	25.98	92.09	99.1	99.2	17.06	29.4	29.8	1.82	0.16	0.27	0.68	0.66	0.93	0.508
B-2	20.0	212.43	26.04	90.64	99.0	99.2	18.09	29.0	30.0	1.47	0.16	0.31	0.69	0.65	0.92	0.515
B-3	20.0	214.71	26.04	91.62	99.2	99.1	18.56	29.1	29.7	1.62	0.16	0.30	0.69	0.66	0.90	0.509
B-4	20.0	220.48	26.09	93.90	99.2	99.4	20.07	29.2	29.6	1.56	0.17	0.30	0.70	0.66	0.90	0.513
B-5	20.0	211.43	26.08	90.08	99.1	99.3	18.21	30.2	29.5	1.61	0.16	0.29	0.66	0.61	0.89	0.494
B-6	20.0	208.19	25.98	89.04	99.1	99.2	18.86	29.4	28.5	1.50	0.17	0.28	0.66	0.61	0.91	0.499
C-1	20.0	209.21	25.84	89.96	99.2	99.1	18.38	28.7	29.0	1.49	0.16	0.30	0.69	0.65	0.91	0.510
C-2	20.0	222.01	25.98	94.95	99.5	99.6	17.95	30.0	30.0	1.59	0.15	0.28	0.66	0.62	0.91	0.495
C-3	20.0	216.07	26.04	92.20	99.3	99.1	18.01	29.3	29.4	1.51	0.15	0.30	0.68	0.62	0.91	0.503
C-4	20.0	214.53	26.09	91.36	99.2	99.3	16.79	28.5	29.8	1.56	0.15	0.27	0.69	0.65	0.90	0.498
C-5	20.0	201.29	26.01	85.99	99.1	99.4	17.67	28.7	29.7	1.55	0.16	0.30	0.68	0.63	0.91	0.506
C-6	20.0	200.06	25.89	85.86	99.4	99.6	17.60	28.4	30.5	1.33	0.15	0.28	0.66	0.63	0.93	0.501
平均値	20.0	215.85	26.02	92.18	99.2	99.3	18.62	28.9	29.5	1.55	0.16	0.29	0.68	0.64	0.91	0.506
標準偏差	0.0	8.32	0.10	3.39	0.2	0.2	1.3	0.58	0.5	0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.008
偏差/平均(%)	0.0	3.85	0.38	3.68	0.2	0.2	6.9	2.02	1.6	7.87	4.29	6.05	1.90	2.69	1.40	1.613

付表 - 5 サンプリング位置の違いによる測定の不確かさ

試験体No	ウレタン20				ウレタン50				グラスウール25						
	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	平均値	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	平均値	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	平均値
A-1	0.12	0.26	0.67	0.91	0.490	0.33	0.68	0.74	0.75	0.625	0.16	0.29	0.67	0.91	0.506
A-2	0.14	0.29	0.69	0.87	0.496	0.35	0.66	0.75	0.73	0.621	0.16	0.29	0.66	0.91	0.504
A-3	0.14	0.28	0.70	0.91	0.506	0.35	0.68	0.72	0.73	0.619	0.16	0.26	0.66	0.91	0.498
A-4	0.13	0.27	0.68	0.87	0.488	0.34	0.69	0.72	0.73	0.619	0.17	0.33	0.67	0.93	0.524
A-5	0.12	0.29	0.69	0.92	0.504	0.36	0.69	0.73	0.77	0.636	0.17	0.32	0.67	0.91	0.518
A-6	0.13	0.29	0.68	0.89	0.498	0.36	0.64	0.73	0.74	0.616	0.16	0.29	0.66	0.94	0.511
B-1	0.13	0.27	0.68	0.87	0.488	0.36	0.69	0.72	0.74	0.626	0.16	0.27	0.67	0.93	0.508
B-2	0.13	0.29	0.69	0.87	0.494	0.34	0.68	0.72	0.72	0.614	0.16	0.31	0.67	0.92	0.515
B-3	0.13	0.27	0.69	0.94	0.508	0.36	0.66	0.70	0.75	0.618	0.16	0.30	0.68	0.90	0.509
B-4	0.12	0.27	0.69	0.91	0.498	0.35	0.69	0.71	0.72	0.618	0.17	0.30	0.68	0.90	0.513
B-5	0.12	0.27	0.68	0.88	0.486	0.36	0.66	0.71	0.75	0.620	0.16	0.29	0.64	0.89	0.494
B-6	0.13	0.29	0.68	0.90	0.499	0.37	0.64	0.72	0.74	0.616	0.17	0.28	0.64	0.91	0.499
C-1	0.13	0.27	0.70	0.89	0.496	0.38	0.69	0.73	0.73	0.633	0.16	0.30	0.67	0.91	0.510
C-2	0.12	0.27	0.71	0.88	0.495	0.35	0.71	0.72	0.73	0.628	0.15	0.28	0.64	0.91	0.495
C-3	0.13	0.28	0.71	0.87	0.498	0.32	0.69	0.71	0.76	0.619	0.15	0.30	0.65	0.91	0.503
C-4	0.14	0.30	0.69	0.88	0.501	0.35	0.68	0.71	0.72	0.615	0.15	0.27	0.67	0.90	0.498
C-5	0.13	0.29	0.72	0.88	0.504	0.33	0.69	0.71	0.72	0.611	0.16	0.30	0.66	0.91	0.506
C-6	0.13	0.28	0.70	0.87	0.495	0.35	0.65	0.72	0.73	0.611	0.15	0.28	0.65	0.93	0.501
実験標準偏差	0.0068	0.0111	0.0129	0.0210	0.0063	0.0147	0.0197	0.0118	0.0146	0.0069	0.0069	0.0177	0.0137	0.0127	0.0082

測定の不確かさの算出方法

$$u_m^2 = (u_{250}^2 + u_{500}^2 + u_{1k}^2 + u_{2k}^2) / 4$$

測定の不確かさ  $u_m$       0.0139

0.0155

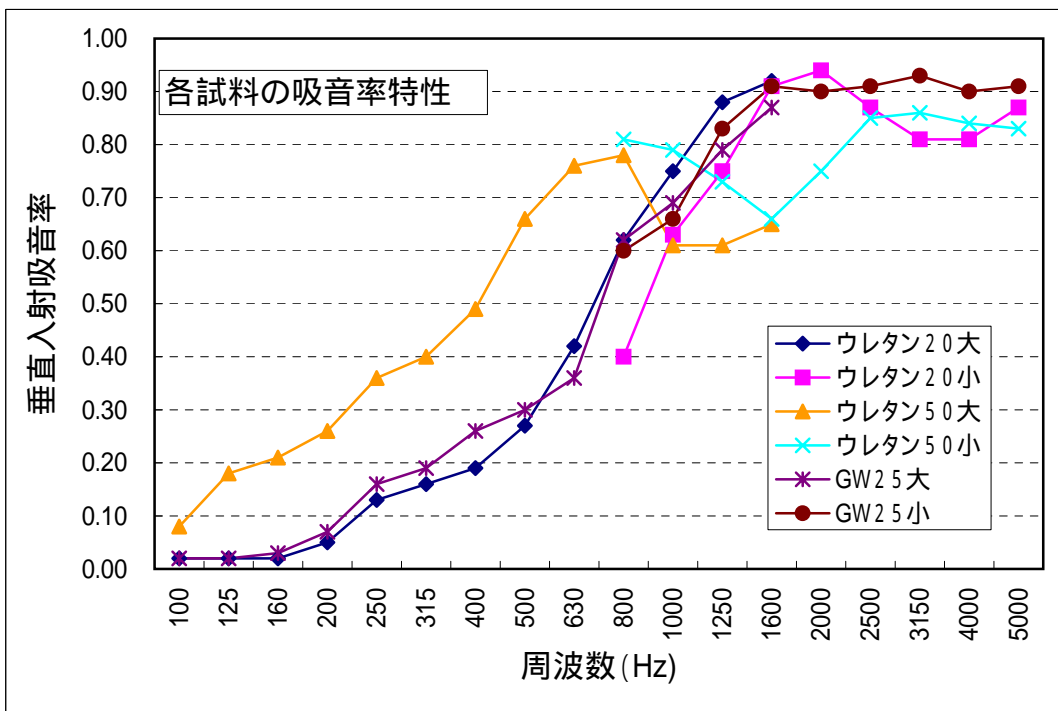
0.0133



吸音特性(100~5000Hz)  
 試料はいずれも「B-3」を使用。

大小試料の結果各々

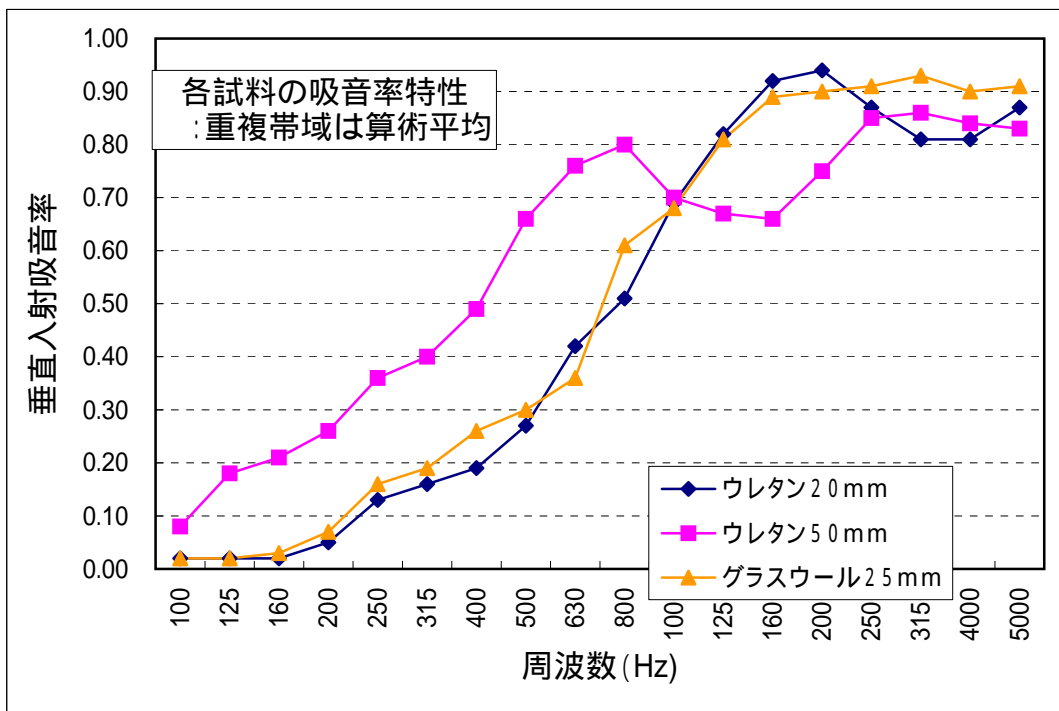
Freq (Hz)	ウレタンt20mm		ウレタンt50mm		GWt25mm	
	試料大	試料小	試料大	試料小	試料大	試料小
100	0.02		0.08		0.02	
125	0.02		0.18		0.02	
160	0.02		0.21		0.03	
200	0.05		0.26		0.07	
250	0.13		0.36		0.16	
315	0.16		0.40		0.19	
400	0.19		0.49		0.26	
500	0.27		0.66		0.30	
630	0.42		0.76		0.36	
800	0.62	0.40	0.78	0.81	0.62	0.60
1000	0.75	0.63	0.61	0.79	0.69	0.66
1250	0.88	0.75	0.61	0.73	0.79	0.83
1600	0.92	0.91	0.65	0.66	0.87	0.91
2000		0.94		0.75		0.90
2500		0.87		0.85		0.91
3150		0.81		0.86		0.93
4000		0.81		0.84		0.90
5000		0.87		0.83		0.91



同左のまとめ

重複帯域は算術平均

Freq (Hz)	ウレタン 20mm	ウレタン 50mm	GW 25mm
100	0.02	0.08	0.02
125	0.02	0.18	0.02
160	0.02	0.21	0.03
200	0.05	0.26	0.07
250	0.13	0.36	0.16
315	0.16	0.40	0.19
400	0.19	0.49	0.26
500	0.27	0.66	0.30
630	0.42	0.76	0.36
800	0.51	0.80	0.61
1000	0.69	0.70	0.68
1250	0.82	0.67	0.81
1600	0.92	0.66	0.89
2000	0.94	0.75	0.90
2500	0.87	0.85	0.91
3150	0.81	0.86	0.93
4000	0.81	0.84	0.90
5000	0.87	0.83	0.91



# 工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさ推定 及び技能試験用試料開発に係る調査研究成果報告書

【JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第2部：熱流計法」

平成17年3月

財団法人 日本建築総合試験所

## 目 次

1 . 調査研究の概要 .....	2
1.1 調査研究の目的 .....	2
1.2 調査研究の対象 JIS 規格 .....	2
1.3 不確かさの評価方法 .....	2
1.4 技能試験試料の提案 .....	2
2 . 調査研究の実施体制 .....	3
3 . 調査研究の期間 .....	3
4 . 調査研究の成果報告 .....	3
4.1 測定の不確かさの推定 .....	4
4.2 技能試験試料の提案 .....	9

### 附属書

付表 - 1.1 ~ 付表 - 1.4.....	10
付表 - 2.1 ~ 付表 - 2.4.....	14
付表 - 3.1 ~ 付表 - 3.2.....	15
付表 - 4.1 ~ 付表 - 4.2.....	17

## 1. 調査研究の概要

### 1.1 調査研究の目的

工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における各分野の代表的な試験について試験結果に影響を及ぼす要因等を調査し、検証実験データを用いた統計的手法により測定の不確かさを推定する。また、技能試験に用いることが可能な均質な試験試料を調査し、提案することを目的とする。

平成 16 年 6 月 9 日に工業標準化法が改正されたことに伴い、平成 16 年 10 月から新 JNLA 制度の運用が開始された。新 JNLA 制度では「指定商品以外の鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」を対象としていた旧 JNLA 制度と異なり、「すべての鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」に対象が大幅に拡大された。新 JNLA 制度に基づき試験事業者として登録を受けるためには、JIS Q 17025(ISO/IEC 17025)「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」を満足する品質システムの構築、運用が必要である。同規格の要求事項の一つに「試験所は、測定の不確かさを推定する手順ともち、適用する」とあり、試験所は測定の不確かさの推定に関する手順書の整備が不可欠である。しかし、校正と異なり試験は数千の規格が存在し、測定の不確かさの推定が進んでいない状況にある。本調査研究は、各分野の代表的な試験について測定の不確かさの推定例を示すことで、広く不確かさを浸透させることも目的の一つと言えるであろう。

### 1.2 調査研究の対象 JIS 規格

本調査研究では、工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における「材料断熱性試験」に区分される JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第 2 部：熱流計法」を取り上げ、同試験に係る不確かさ要因を検討し、検証実験から得られたデータをもとに測定の不確かさを推定する。また、技能試験の試験試料として用いることができる安定した均一な試験結果が得られる製品を検証実験により確認し、提案する。

### 1.3 不確かさの評価方法

上記試験における測定の不確かさの評価は、独立行政法人 製品評価技術基盤機構が公開する「JNLA の試験における測定の不確かさの適用に関する方針」に定められているカテゴリー分類の「定量試験 B」の「十分な数のコントロールサンプル(laboratory control samples)を用いる方法。」により行なう。

不確かさの推定は、A タイプ評価として十分な数のコントロールサンプルから得られた検証実験データを用いて分散分析により、繰返し測定の際のばらつきや各因子のばらつきを求め、標準不確かさを算出する。また、B タイプ評価として試験結果に影響を及ぼす各測定機器の校正の不確かさ及び測定時に生じる各測定機器の量子化誤差による不確かさを考慮する。これらより求めた各標準不確かさを合成し、包含係数  $k=2$  として測定の不確かさ（拡張不確かさ）を算出する。

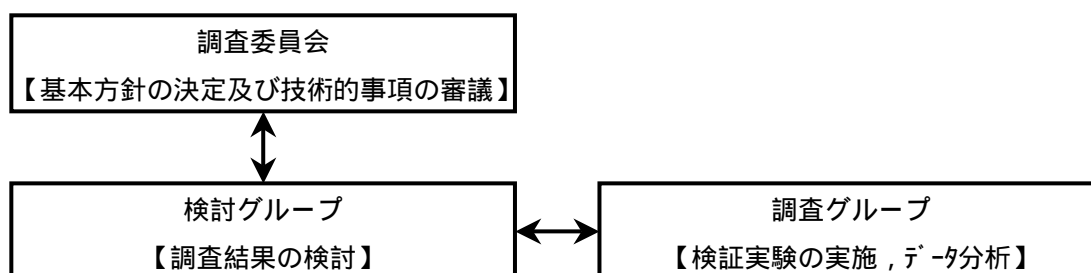
### 1.4 技能試験試料の提案

技能試験の実施に際し、安定した均一な試験結果が得られる試験試料を配付することは最も重要な要素である。しかし、均質な製品を開発することは非常に難しく、専門的な知識や経験を有すると思われる。そこで、JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第 2 部：熱流計法」の

試験に精通した試験実施者の経験をもとに検証する製品を選定し、繰返し測定等の結果をもとにばらつきを評価してより安定した均一な試験結果が得られる製品を技能試験試料として提案する。

## 2. 調査研究の実施体制

本調査研究を進めるための体制として、産業技術総合研究所の小池昌義氏を委員長とした製品評価技術基盤機構が設置する「測定の不確かさ推定及び技能試験品目開発の調査委員会」のもと、当試験所内に検証実験を実施しデータ分析等を行なう調査グループと検証実験データについて討議、助言等を行なう検討グループを設置する。もって、本調査研究の趣旨に副った実験の実施及び報告書の作成を円滑に行なう。検討グループのメンバーは当試験所内で不確かさに造詣が深い職員を選定した。



### 【検討グループ】

井上 豊 (財団法人 日本建築総合試験所 所長)  
上田 哲夫 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部 部長)  
西村 宏昭 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室 室長)  
山本 英樹 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部品質管理室 主査)

### 【調査グループ】

倉橋 岩夫 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長)  
小南 和也 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長代理)  
小早川 香 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室)

### 【事務局】

土井 清 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 室長)  
谷中 啓一 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 主査)

## 3. 調査研究の期間

平成16年7月30～平成17年3月25日

## 4. 調査研究の成果報告

調査研究の成果として、2種類の製品（ポリスチレンフォーム、グラスウール）について繰返し測定等による検証実験を行ないJIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第2部：熱流計法」における測定の不確かさを提案することができた。また、経年変化を起こし難く安定した均一な試験結果が得られる技能試験試料としてグラスウール（GW）：JIS A 9504「人造鉱物繊維保温材」に規定される「グラスウール保温板 96K」を提案することができた。調査研究の詳細は、下記に示すとおりである。

## 4.1 測定の不確かさの推定

### 4.1.1 試験の概要

JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第2部：熱流計法」に定められる試験手順は以下に示すとおりである。

依頼者が搬入する試料から試験体(300 mm×300 mm)を採取し、 $20 \pm 1$ 、 $50 \pm 10$  %の試験室内で一定質量となるまで養生する。

試験前の試験体の質量(0.5 %以内の精度)及び厚さ(0.5 %以内の精度)を測定し、密度を求める。

試験体を試験装置に設置する。

低温側と高温側に一定の温度差(製品の仕様要求による)を与える。平均温度と熱流計出力を観測し、平均温度及び試験体両面の温度降下が熱平衡に達するかをチェックする。

熱平衡が確認された後、試験体の両面に取付けた熱電対によって温度と熱流計の指示値を測定する。

試験後の試験体の質量(0.5 %以内の精度)及び厚さ(0.5 %以内の精度)を測定し、密度を求める。試験体の密度及び質量変化を求める。

次式によって、熱伝導率  $\lambda$  を求める。

$$\lambda = q \times d / T$$

$\lambda$  : 熱伝導率 (W / (m · K))

$q$  : 単位面積当たりの熱流量密度 (W / m<sup>2</sup>)

$d$  : 試験体の厚さ (m)

$T$  : 試験体温度差【 $t_1 - t_2$ 】(K)

$t_1$  : 試験体高温側表面温度 (K)

$t_2$  : 試験体低温側表面温度 (K)

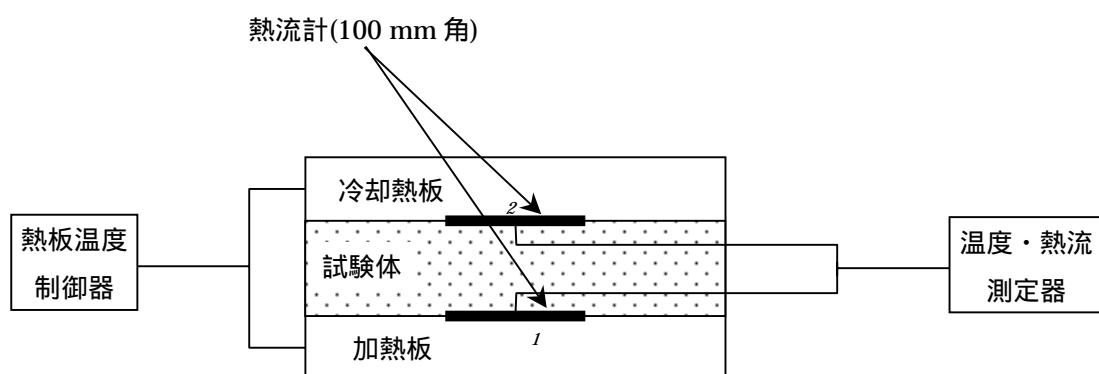


図 - 1 測定装置の概要図

### 4.1.2 測定に使用する機器

熱伝導率試験の試験結果に影響を及ぼす計測器としては、ノギス、温度計及び熱流計の3種類があり、JIS規格に規定されている条件を満たす性能を有する機器を用いて検証実験を実施した。また、これら計測器は、国家計量標準又は国際標準にトレーサビリティを確保しており、校正の不確かさが求められている。

#### 4.1.3 試験体（実験対象材料）

測定の不確かさを推定するための試験体は、技能試験の試験試料として調達が可能で一般的な市販されている製品のなかから、経年変化等が起こり難く安定的で均一な試験結果が得られると考えられるものを当該試験の試験担当者が経験をもとに選定した。また、ロット間のばらつきも検討できるようにそれぞれの製品について2試料準備した。なお、準備した製品はJIS規格製品である。

製品

- ・ポリエチレンフォーム（EPS）：JIS A 9511「発泡プラスチック保温材」の「ビーズ法ポリスチレンフォーム」

製品

- ・グラスウール（GW）：JIS A 9504「人造鉱物繊維保温材」の「グラスウール保温板 96K」

#### 4.1.4 不確かさの特性要因図

本試験における測定の不確かさの要因は、下記の特性要因図に示すようなものが考えられる。ただし、近年はコンピュータによる自動計測で試験を実施するケースが多く、本試験においても冷却熱板及び加熱板の温度の平衡状態の判断や温度差の設定及び温度、熱流量測定等は全てコンピュータ制御で行なわれることから、計測部分に測定者の違いによるばらつきは発生しない。測定者の違いによるばらつきが最も大きく現れると考えられるのが、搬入資料から試験体を切り取る作業（サンプリング）及び試験体を試験機に設置する作業の2要因であると思われる。そこで、不確かさに最も寄与すると思われる試験体の切り取り位置の違いによるばらつき及び試験体設置を含めた繰返し測定のばらつきを検証実験により評価することとする。

ここでは、前述の2要因に着目して不確かさを評価することとしているが、繰返し測定の結果から得られたばらつきはサンプリングを除く全ての要因が含まれたばらつきの評価となる。繰返し測定は、測定日、測定者及び環境条件（温度、湿度）等の測定条件が異なる状況で行なった結果である。

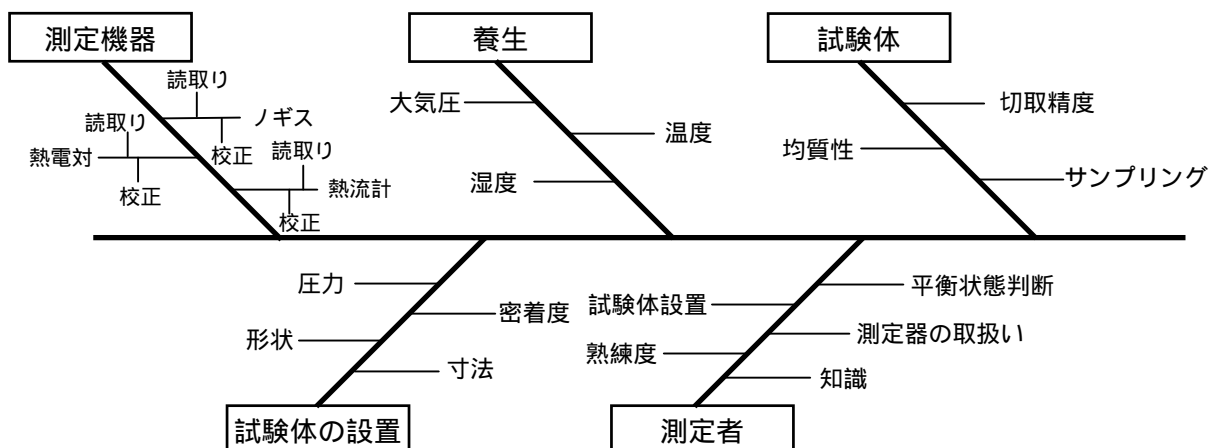


図 - 2 不確かさの特性要因図



#### 4.1.5 不確かさの推定のための実験概要

測定の不確かさを推定する最も効率的な方法としては、安定した均質な試験体を用いた繰返し測定から得られたデータを統計的手法により解析することである。ここでは、材質の異なる 2 種類の試験体についてそれぞれ 20 回の繰返し測定を行ない、得られた実験データを用いて分散分析により測定の不確かさを推定する。なお、本試験では依頼者が持ち込んだ試料から試験体を切り取る作業（サブサンプリング）も試験の一項目として含まれており、本試験における測定の不確かさに最も影響を及ぼす要因であると想定されることからサンプリング位置の違いによる不確かさを別途評価する。

サンプリング位置の違いによる不確かさ

- ・材質：ポリスチレンフォーム（EPS） × 2 試料（試料寸法：900 mm × 1800 mm）  
           グラスウール（GW） × 2 試料（試料寸法：900 mm × 1800 mm）
- ・試験体：900 mm × 1800 mm の試料から 300 mm 角の試験体を 18 体採取する。
- ・採取した 18 体全ての試験を実施する。
- ・試験データ：18 体【No.1～No.18】 × 2 試料 × 2 種類【EPS, GW】 = 72 データ

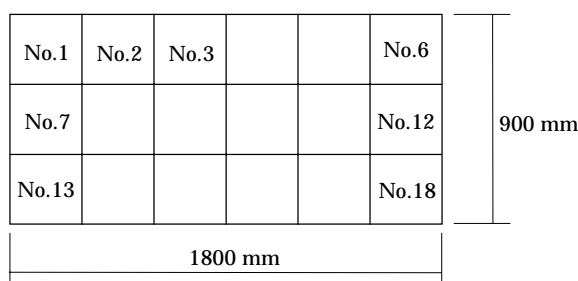


図 - 3 試験体の採取方法

繰返し測定による不確かさ

同一試験体【EPS - 1 - 11, GW - 2 - 11】について 20 回の繰返し測定を実施する。

#### 4.1.6 検証実験結果

サンプリング位置の違いによる不確かさ

材質（ポリスチレンフォーム、グラスウール）の異なる 2 種類の製品（900 mm × 1800 mm）を各 2 試料準備し、各試料からサンプリング位置を変えた 18 体の試験体（300 mm × 300 mm）を切り取る。準備した 36 体の試験体について JIS A 1412 - 2 に基づき試験を実施した。ポリスチレンフォームの結果を付表 - 1.1, 付表 - 1.2 に、グラスウールの結果を付表 - 1.3, 付表 - 1.4 に示す。また、各材質について分散分析により不確かさを評価した結果を付表 - 2.1～付表 - 2.4 に示す。分散分析の結果、ポリスチレンフォームはサンプリング位置によるばらつきよりも試料の違いによるばらつきの方が大きく、グラスウールは逆にサンプリング位置によるばらつきが大きいことが確認できた。

繰返し測定による不確かさ

繰返し測定は、サンプリング位置の違いによる不確かさの検証実験に用いた 36 体の試験体の中から任意に抽出した 1 体について 20 回の繰返し測定を行なった。その結果を付表 - 3.1 及び付表 - 3.2 に示す。測定データを用いて分散分析から繰返し測定による標準偏差を求めることとしたが、

付表 - 3.4 に示すとおり繰返し測定は有意でないことから、付表 - 3.5 に示す実験標準偏差によって不確かさを評価することとした。ポリスチレンフォーム及びグラスウールの繰返し測定による不確かさは、概ね同じ値でポリスチレンフォームが 0.000049 W/m・K、グラスウールが 0.000053 W/m・K である。

#### 4.1.7 不確かさのバジェットシート

ポリエチレンフォーム (EPS : 熱伝導率 = 0.0344) の不確かさのバジェットシートを表 - 1.1 に、グラスウール (GW : 熱伝導率 = 0.0344) の不確かさのバジェットシートを表 - 1.2 に示す。

##### 【ポリエチレンフォーム (EPS)】

・熱伝導率の計算式 :  $\lambda = q \times d / \Delta T$

$= 0.0344 \text{ ( W / ( m \cdot K ) )}$

$q : 28.13 \text{ ( W / m}^2 \text{ )}$

$d : 0.0243 \text{ ( m )}$

$T : 20 \text{ [ } t_1 - t_2 \text{ ] ( K )}$

$t_1 : 30 \text{ ( K )}$

$t_2 : 10 \text{ ( K )}$

・感度係数

$$\frac{\partial \lambda}{\partial q} = \frac{d}{\Delta T} \quad \cdot \quad \frac{\partial \lambda}{\partial d} = \frac{q}{\Delta T} \quad \cdot \quad \frac{\partial \lambda}{\partial \Delta T} = \frac{q \times d}{\Delta T^2}$$

表 - 1.1 バジェットシート【ポリエチレンフォーム (EPS) : 熱伝導率 = 0.0344 W / ( m \cdot K )】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>c<sub>i</sub></i>	標準不確かさ W / ( m \cdot K )
サンプリグの不確かさ <i>U<sub>sam</sub></i>	0.000248	W / ( m \cdot K )	正規分布 ( 1 )	1	0.000248
繰返しの不確かさ <i>U<sub>rep</sub></i>	0.000049	W / ( m \cdot K )	正規分布 ( 1 )	1	0.000049
径の校正の不確かさ <i>U<sub>cal1</sub></i>	0.000065	m	正規分布 ( 2 )	1.4065	0.000046
径の分解能の不確かさ <i>U<sub>res1</sub></i>	0.0001	m	矩形分布 ( 2√3 )	1.4065	0.000041
温度計の校正の不確かさ (加熱板側) <i>U<sub>cal2</sub></i>	0.047	K	正規分布 ( 2 )	0.00171	0.000040
温度計の分解能の不確かさ (加熱板側) <i>U<sub>res2</sub></i>	0.1	K	矩形分布 ( 2√3 )	0.00171	0.000049
温度計の校正の不確かさ (冷却熱板側) <i>U<sub>cal3</sub></i>	0.047	K	正規分布 ( 2 )	0.00171	0.000040
温度計の分解能の不確かさ (冷却熱板側) <i>U<sub>res3</sub></i>	0.1	K	矩形分布 ( 2√3 )	0.00171	0.000049
熱流計の校正の不確かさ <i>U<sub>cal4</sub></i>	0.00020	W / ( m \cdot K )	正規分布 ( 1 )	1	0.00020
熱流計の分解能の不確かさ <i>U<sub>res4</sub></i>	0.015136	W / ( m <sup>2</sup> \cdot μV )	矩形分布 ( 2√3 )	0.00122	0.000005
合成標準不確かさ <i>U<sub>c</sub></i>	/		正規分布	/	0.000340
拡張不確かさ <i>U</i>			正規分布 <i>k<sub>95</sub>=2</i>		0.00068

JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第2部：熱流計法」により試験体：ポリエチレンフォーム（EPS）を試験した結果、熱伝導率は0.0344 W / (m・K)で、そのときの拡張不確かさは包含係数をk=2とした場合、0.00068 W / (m・K)である。

【グラスウール（GW）】

熱伝導率の計算式： $\lambda = q \times d / T$

$\lambda = 0.0311$  ( W / (m・K) )

$q : 25.50$  ( W / m<sup>2</sup> )

$d : 0.0245$  ( m )

$T : 20$  [  $t_1 - t_2$  ] ( K )

$t_1 : 30$  ( K )

$t_2 : 10$  ( K )

$\frac{\partial \lambda}{\partial q} = \frac{d}{\Delta T}$        $\frac{\partial \lambda}{\partial d} = \frac{q}{\Delta T}$        $\frac{\partial \lambda}{\partial \Delta T} = \frac{q \times d}{\Delta T^2}$

表 - 5.2 バジレットシート【グラスウール（GW）：熱伝導率  $\lambda = 0.0311$  W / (m・K)】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>c<sub>i</sub></i>	標準不確かさ W / (m・K)
サンプリグの不確かさ <i>U<sub>sam</sub></i>	0.000101	W / (m・K)	正規分布 (1)	1	0.000101
繰返しの不確かさ <i>U<sub>rep</sub></i>	0.000053	W / (m・K)	正規分布 (1)	1	0.000053
片側の校正の不確かさ <i>U<sub>cal1</sub></i>	0.000065	m	正規分布 (2)	1.275	0.000041
片側の分解能の不確かさ <i>U<sub>res1</sub></i>	0.0001	m	矩形分布 (2√3)	1.275	0.000037
温度計の校正の不確かさ (加熱板側) <i>U<sub>cal2</sub></i>	0.047	K	正規分布 (2)	0.00156	0.000037
温度計の分解能の不確かさ (加熱板側) <i>U<sub>res2</sub></i>	0.1	K	矩形分布 (2√3)	0.00156	0.000045
温度計の校正の不確かさ (冷却熱板側) <i>U<sub>cal3</sub></i>	0.047	K	正規分布 (2)	0.00156	0.000037
温度計の分解能の不確かさ (冷却熱板側) <i>U<sub>res3</sub></i>	0.1	K	矩形分布 (2√3)	0.00156	0.000045
熱流計の校正の不確かさ <i>U<sub>cal4</sub></i>	0.00020	W / (m・K)	正規分布 (1)	1	0.00020
熱流計の分解能の不確かさ <i>U<sub>res4</sub></i>	0.015136	W / (m <sup>2</sup> ・μV)	矩形分布 (2√3)	0.00123	0.000005
合成標準不確かさ <i>U<sub>c</sub></i>	/		正規分布	/	0.000251
拡張不確かさ <i>U</i>			正規分布 <i>k<sub>95</sub>=2</i>		0.00050

JIS A 1412 - 2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 - 第2部：熱流計法」により試験体：グラスウール（GW）を試験した結果、熱伝導率は0.0311 W / (m・K)で、そのときの拡張不確かさは包含係数をk=2とした場合、0.00050 W / (m・K)である。

#### 4.2 技能試験試料の提案

測定の不確かさの推定に用いた2種類の試験試料【ポリエチレンフォーム（EPS） グラスウール（GW）】は、両試料とも繰返し測定によるばらつき、サンプリング位置によるばらつき及び製品間のばらつきが小さくほぼ均一な試験結果が得られることから技能試験の配付試料として用いることは可能であると考えられる。特に、グラスウール（GW）は、全ての測定結果において安定した結果が得られており、技能試験試料として最適である。

本調査研究の結果、グラスウール（GW）: JIS A 9504「人造鉱物繊維保温材」の「グラスウール保温板 96K」を技能試験試料とすることを提案する。

以 上

付表 - 1.1 熱伝導率測定結果（試験体：EPS - 1）

個数	部位	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
			高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu$ V)	低温側 ( $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	低温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> )	低温側 (W/m <sup>2</sup> )	平均値 (W/m <sup>2</sup> )	
1	11	0.0243	30.0	10.0	1850	1996	0.015136	0.014145	28.00	28.23	28.12	0.03416
2	14	0.0245	30.0	10.0	1813	1955	0.015136	0.014145	27.44	27.65	27.55	0.03375
3	17	0.0244	30.0	10.0	1858	2003	0.015136	0.014145	28.12	28.33	28.23	0.03444
4	38	0.0244	30.0	10.0	1859	2004	0.015136	0.014145	28.14	28.35	28.24	0.03446
5	41	0.0245	30.0	10.0	1849	1993	0.015136	0.014145	27.99	28.19	28.09	0.03441
6	44	0.0244	30.0	10.0	1863	2008	0.015136	0.014145	28.20	28.40	28.30	0.03453
7	65	0.0244	30.0	10.0	1849	1993	0.015136	0.014145	27.99	28.19	28.09	0.03427
8	68	0.0245	30.0	10.0	1848	1992	0.015136	0.014145	27.97	28.18	28.07	0.03439
9	71	0.0244	30.0	10.0	1852	1998	0.015136	0.014145	28.03	28.26	28.15	0.03434
10	92	0.0245	30.0	10.0	1845	1991	0.015136	0.014145	27.93	28.16	28.04	0.03435
11	95	0.0246	30.0	10.0	1839	1982	0.015136	0.014145	27.84	28.04	27.94	0.03436
12	98	0.0244	30.0	10.0	1859	1998	0.015136	0.014145	28.14	28.26	28.20	0.03440
13	119	0.0245	30.0	10.0	1846	1990	0.015136	0.014145	27.94	28.15	28.04	0.03435
14	122	0.0245	30.0	10.0	1845	1988	0.015136	0.014145	27.93	28.12	28.02	0.03433
15	125	0.0245	30.0	10.0	1848	1992	0.015136	0.014145	27.97	28.18	28.07	0.03439
16	146	0.0245	30.0	10.0	1842	1988	0.015136	0.014145	27.88	28.12	28.00	0.03430
17	149	0.0246	30.0	10.0	1841	1985	0.015136	0.014145	27.87	28.08	27.97	0.03441
18	152	0.0244	30.0	10.0	1845	1987	0.015136	0.014145	27.93	28.11	28.02	0.03418
	平均	0.0245	30.0	10.0								0.03432

標準偏差 0.000169558

付表 - 1.2 熱伝導率測定結果（試験体：EPS - 2）

個数	部位	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
			高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu\text{V}$ )	低温側 ( $\mu\text{V}$ )	高温側 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{V}$ )	低温側 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{V}$ )	高温側 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	低温側 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	平均値 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	
1	11	0.0245	30.0	10.0	1859	2003	0.015136	0.014145	28.14	28.33	28.24	0.03459
2	14	0.0246	30.0	10.0	1858	2002	0.015136	0.014145	28.12	28.32	28.22	0.03471
3	17	0.0245	30.0	10.0	1857	2001	0.015136	0.014145	28.11	28.30	28.21	0.03455
4	38	0.0245	30.0	10.0	1852	1995	0.015136	0.014145	28.03	28.22	28.13	0.03445
5	41	0.0245	30.0	10.0	1857	2004	0.015136	0.014145	28.11	28.35	28.23	0.03458
6	44	0.0245	30.0	10.0	1860	2006	0.015136	0.014145	28.15	28.37	28.26	0.03462
7	65	0.0245	30.0	10.0	1855	1999	0.015136	0.014145	28.08	28.28	28.18	0.03452
8	68	0.0246	30.0	10.0	1848	1994	0.015136	0.014145	27.97	28.21	28.09	0.03455
9	71	0.0245	30.0	10.0	1861	2007	0.015136	0.014145	28.17	28.39	28.28	0.03464
10	92	0.0245	30.0	10.0	1854	1998	0.015136	0.014145	28.06	28.26	28.16	0.03450
11	95	0.0246	30.0	10.0	1858	2004	0.015136	0.014145	28.12	28.35	28.23	0.03473
12	98	0.0245	30.0	10.0	1863	2008	0.015136	0.014145	28.20	28.40	28.30	0.03467
13	119	0.0245	30.0	10.0	1862	2007	0.015136	0.014145	28.18	28.39	28.29	0.03465
14	122	0.0246	30.0	10.0	1849	1994	0.015136	0.014145	27.99	28.21	28.10	0.03456
15	125	0.0245	30.0	10.0	1866	2012	0.015136	0.014145	28.24	28.46	28.35	0.03473
16	146	0.0245	30.0	10.0	1845	1988	0.015136	0.014145	27.93	28.12	28.02	0.03433
17	149	0.0247	30.0	10.0	1808	1951	0.015136	0.014145	27.37	27.60	27.48	0.03394
18	152	0.0245	30.0	10.0	1860	2004	0.015136	0.014145	28.15	28.35	28.25	0.03461
	平均	0.0245	30.0	10.0								0.03455

標準偏差 0.000182909

付表 - 1.3 熱伝導率測定結果 (試験体: GW - 1)

個数	部位	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
			高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu\text{V}$ )	低温側 ( $\mu\text{V}$ )	高温側 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{V}$ )	低温側 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{V}$ )	高温側 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	低温側 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	平均値 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	
1	11	0.0246	30.0	10.0	1675	1805	0.015136	0.014145	25.35	25.53	25.44	0.03129
2	14	0.0245	30.0	10.0	1676	1813	0.015136	0.014145	25.37	25.64	25.51	0.03125
3	17	0.0242	30.0	10.0	1682	1819	0.015136	0.014145	25.46	25.73	25.59	0.03097
4	38	0.0243	30.0	10.0	1678	1815	0.015136	0.014145	25.40	25.67	25.54	0.03103
5	41	0.0244	30.0	10.0	1680	1802	0.015136	0.014145	25.43	25.49	25.46	0.03106
6	44	0.0243	30.0	10.0	1673	1811	0.015136	0.014145	25.32	25.62	25.47	0.03095
7	65	0.0245	30.0	10.0	1655	1794	0.015136	0.014145	25.05	25.38	25.21	0.03089
8	68	0.0243	30.0	10.0	1665	1824	0.015136	0.014145	25.20	25.80	25.50	0.03098
9	71	0.0243	30.0	10.0	1688	1813	0.015136	0.014145	25.55	25.64	25.60	0.03110
10	92	0.0246	30.0	10.0	1669	1801	0.015136	0.014145	25.26	25.48	25.37	0.03120
11	95	0.0244	30.0	10.0	1676	1804	0.015136	0.014145	25.37	25.52	25.44	0.03104
12	98	0.0247	30.0	10.0	1668	1784	0.015136	0.014145	25.25	25.23	25.24	0.03117
13	119	0.0247	30.0	10.0	1655	1793	0.015136	0.014145	25.05	25.36	25.21	0.03113
14	122	0.0244	30.0	10.0	1679	1809	0.015136	0.014145	25.41	25.59	25.50	0.03111
15	125	0.0246	30.0	10.0	1648	1783	0.015136	0.014145	24.94	25.22	25.08	0.03085
16	146	0.0245	30.0	10.0	1663	1796	0.015136	0.014145	25.17	25.40	25.29	0.03098
17	149	0.0242	30.0	10.0	1697	1833	0.015136	0.014145	25.69	25.93	25.81	0.03123
18	152	0.0244	30.0	10.0	1672	1810	0.015136	0.014145	25.31	25.60	25.45	0.03106
	平均	0.0244	30.0	10.0								0.03107

標準偏差 0.000125146

付表 - 1.4 熱伝導率測定結果 (試験体 : GW - 2)

個数	部位	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
			高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu$ V)	低温側 ( $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	低温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> )	低温側 (W/m <sup>2</sup> )	平均値 (W/m <sup>2</sup> )	
1	11	0.0244	30.0	10.0	1673	1814	0.015136	0.014145	25.32	25.66	25.49	0.03110
2	14	0.0245	30.0	10.0	1673	1793	0.015136	0.014145	25.32	25.36	25.34	0.03104
3	17	0.0244	30.0	10.0	1671	1799	0.015136	0.014145	25.29	25.45	25.37	0.03095
4	38	0.0245	30.0	10.0	1662	1787	0.015136	0.014145	25.16	25.28	25.22	0.03089
5	41	0.0247	30.0	10.0	1679	1786	0.015136	0.014145	25.41	25.26	25.34	0.03129
6	44	0.0245	30.0	10.0	1659	1795	0.015136	0.014145	25.11	25.39	25.25	0.03093
7	65	0.0243	30.0	10.0	1682	1812	0.015136	0.014145	25.46	25.63	25.54	0.03104
8	68	0.0243	30.0	10.0	1682	1806	0.015136	0.014145	25.46	25.55	25.50	0.03099
9	71	0.0246	30.0	10.0	1656	1785	0.015136	0.014145	25.07	25.25	25.16	0.03094
10	92	0.0244	30.0	10.0	1678	1808	0.015136	0.014145	25.40	25.57	25.49	0.03109
11	95	0.0244	30.0	10.0	1670	1807	0.015136	0.014145	25.28	25.56	25.42	0.03101
12	98	0.0245	30.0	10.0	1662	1796	0.015136	0.014145	25.16	25.40	25.28	0.03097
13	119	0.0249	30.0	10.0	1651	1777	0.015136	0.014145	24.99	25.14	25.06	0.03120
14	122	0.0245	30.0	10.0	1670	1801	0.015136	0.014145	25.28	25.48	25.38	0.03109
15	125	0.0243	30.0	10.0	1670	1805	0.015136	0.014145	25.28	25.53	25.40	0.03087
16	146	0.0248	30.0	10.0	1653	1784	0.015136	0.014145	25.02	25.23	25.13	0.03116
17	149	0.0246	30.0	10.0	1662	1789	0.015136	0.014145	25.16	25.31	25.23	0.03103
18	152	0.0244	30.0	10.0	1687	1808	0.015136	0.014145	25.53	25.57	25.55	0.03118
	平均	0.0245	30.0	10.0								0.03104

標準偏差 0.000114197



サンプリング位置の違いによる不確かさ評価

付表-2.1 熱伝導率の測定結果 (EPS)

		熱伝導率 (W/m·K)	
		EPS - 1	EPS - 2
サン プ リ ン グ 位 置	No.1	0.03416	0.03459
	No.2	0.03375	0.03471
	No.3	0.03444	0.03455
	No.4	0.03446	0.03445
	No.5	0.03441	0.03458
	No.6	0.03453	0.03462
	No.7	0.03427	0.03452
	No.8	0.03439	0.03455
	No.9	0.03434	0.03464
	No.10	0.03435	0.03450
	No.11	0.03436	0.03473
	No.12	0.03440	0.03467
	No.13	0.03435	0.03465
	No.14	0.03433	0.03456
	No.15	0.03439	0.03473
	No.16	0.03430	0.03433
	No.17	0.03441	0.03394
	No.18	0.03418	0.03461

付表 - 2.2 熱伝導率の測定結果 (GW)

		熱伝導率 (W/m·K)	
		GW - 1	GW - 2
サン プ リ ン グ 位 置	No.1	0.03129	0.03110
	No.2	0.03125	0.03104
	No.3	0.03097	0.03095
	No.4	0.03103	0.03089
	No.5	0.03106	0.03129
	No.6	0.03095	0.03093
	No.7	0.03089	0.03104
	No.8	0.03098	0.03099
	No.9	0.03110	0.03094
	No.10	0.03120	0.03109
	No.11	0.03104	0.03101
	No.12	0.03117	0.03097
	No.13	0.03113	0.03120
	No.14	0.03111	0.03109
	No.15	0.03085	0.03087
	No.16	0.03098	0.03116
	No.17	0.03123	0.03103
	No.18	0.03106	0.03118

$S=$	0.0426943
$CF=$	0.04269277
$S_T=$	0.0000015
$S_A=$	4.689E-07
$S_B=$	4.147E-07
$Se=$	0.0000006

$S=$	0.0347234
$CF=$	0.03472292
$S_T=$	0.0000005
$S_A=$	7.152E-09
$S_B=$	3.229E-07
$Se=$	0.0000002

付表 - 2.3 分散分析表 (EPS)

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
試験体 A	1	4.689E-07	4.689E-07	$\frac{e^2 + 18}{A^2}$
サンプリング位置 B	17	4.147E-07	2.439E-08	$\frac{e^2 + 2}{B^2}$
誤差 e	17	0.0000006	3.781E-08	$e^2$
	35	0.0000015		

$$u_A = 0.000155$$

$$u_B =$$

$$u_e = \frac{0.000194}{\sqrt{2}}$$

$$u_C = 0.000248$$

付表 - 2.4 分散分析表 (GW)

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
試験体 A	1	7.152E-09	7.152E-09	$\frac{e^2 + 18}{A^2}$
サンプリング位置 B	17	3.229E-07	1.900E-08	$\frac{e^2 + 2}{B^2}$
誤差 e	17	0.0000002	9.706E-09	$e^2$
	35	0.0000005		

$$u_A =$$

$$u_B = 0.000023$$

$$u_e = \frac{0.000099}{\sqrt{2}}$$

$$u_C = 0.000101$$

付表 - 3.1 熱伝導率測定結果（試験体：EPS - 1 - 11）

個数	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
		高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu$ V)	低温側 ( $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	低温側 (W/m <sup>2</sup> ・ $\mu$ V)	高温側 (W/m <sup>2</sup> )	低温側 (W/m <sup>2</sup> )	平均値 (W/m <sup>2</sup> )	
1	0.0243	30.0	10.0	1850	1996	0.015136	0.014145	28.00	28.23	28.12	0.03416
2	0.0243	30.0	10.0	1849	1995	0.015136	0.014145	27.99	28.22	28.10	0.03414
3	0.0243	30.0	10.0	1850	1995	0.015136	0.014145	28.00	28.22	28.11	0.03415
4	0.0243	30.0	10.0	1849	1994	0.015136	0.014145	27.99	28.21	28.10	0.03414
5	0.0243	30.0	10.0	1849	1994	0.015136	0.014145	27.99	28.21	28.10	0.03414
6	0.0243	30.0	10.0	1849	1995	0.015136	0.014145	27.99	28.22	28.10	0.03414
7	0.0243	30.0	10.0	1849	1995	0.015136	0.014145	27.99	28.22	28.10	0.03414
8	0.0243	30.0	10.0	1849	1996	0.015136	0.014145	27.99	28.23	28.11	0.03415
9	0.0243	30.0	10.0	1850	1995	0.015136	0.014145	28.00	28.22	28.11	0.03415
10	0.0243	30.0	10.0	1850	1995	0.015136	0.014145	28.00	28.22	28.11	0.03415
11	0.0243	30.0	10.0	1849	1995	0.015136	0.014145	27.99	28.22	28.10	0.03414
12	0.0243	30.0	10.0	1849	1995	0.015136	0.014145	27.99	28.22	28.10	0.03414
13	0.0243	30.0	10.0	1854	1999	0.015136	0.014145	28.06	28.28	28.17	0.03423
14	0.0243	30.0	10.0	1856	2001	0.015136	0.014145	28.09	28.30	28.20	0.03426
15	0.0243	30.0	10.0	1852	1998	0.015136	0.014145	28.03	28.26	28.15	0.03420
16	0.0243	30.0	10.0	1852	1998	0.015136	0.014145	28.03	28.26	28.15	0.03420
17	0.0243	30.0	10.0	1854	1998	0.015136	0.014145	28.06	28.26	28.16	0.03422
18	0.0243	30.0	10.0	1854	2001	0.015136	0.014145	28.06	28.30	28.18	0.03424
19	0.0242	30.0	10.0	1853	2000	0.015136	0.014145	28.05	28.29	28.17	0.03408
20	0.0242	30.0	10.0	1852	1999	0.015136	0.014145	28.03	28.28	28.15	0.03407
平均	0.0243	30.0	10.0								0.03416

標準偏差 4.82172E-05

付表 - 3.2 熱伝導率測定結果（試験体：GW - 2 - 1 1）

個数	厚さ d (m)	表面温度		熱流計出力		熱流計校正値		通過熱流			熱伝導率 (W/m・K)
		高温側 ( )	低温側 ( )	高温側 ( $\mu$ V)	低温側 ( $\mu$ V)	高温側 ( $W/m^2 \cdot \mu$ V)	低温側 ( $W/m^2 \cdot \mu$ V)	高温側 ( $W/m^2$ )	低温側 ( $W/m^2$ )	平均値 ( $W/m^2$ )	
1	0.0244	30.0	10.0	1673	1814	0.015136	0.014145	25.32	25.66	25.49	0.03110
2	0.0245	30.0	10.0	1667	1808	0.015136	0.014145	25.23	25.57	25.40	0.03112
3	0.0244	30.0	10.0	1674	1813	0.015136	0.014145	25.34	25.64	25.49	0.03110
4	0.0244	30.0	10.0	1669	1807	0.015136	0.014145	25.26	25.56	25.41	0.03100
5	0.0243	30.0	10.0	1679	1819	0.015136	0.014145	25.41	25.73	25.57	0.03107
6	0.0244	30.0	10.0	1670	1808	0.015136	0.014145	25.28	25.57	25.43	0.03102
7	0.0242	30.0	10.0	1682	1820	0.015136	0.014145	25.46	25.74	25.60	0.03098
8	0.0244	30.0	10.0	1671	1808	0.015136	0.014145	25.29	25.57	25.43	0.03103
9	0.0243	30.0	10.0	1682	1820	0.015136	0.014145	25.46	25.74	25.60	0.03111
10	0.0243	30.0	10.0	1683	1824	0.015136	0.014145	25.47	25.80	25.64	0.03115
11	0.0242	30.0	10.0	1683	1822	0.015136	0.014145	25.47	25.77	25.62	0.03100
12	0.0244	30.0	10.0	1672	1809	0.015136	0.014145	25.31	25.59	25.45	0.03105
13	0.0244	30.0	10.0	1668	1807	0.015136	0.014145	25.25	25.56	25.40	0.03099
14	0.0242	30.0	10.0	1683	1823	0.015136	0.014145	25.47	25.79	25.63	0.03101
15	0.0243	30.0	10.0	1676	1814	0.015136	0.014145	25.37	25.66	25.51	0.03100
16	0.0244	30.0	10.0	1670	1809	0.015136	0.014145	25.28	25.59	25.43	0.03103
17	0.0244	30.0	10.0	1670	1808	0.015136	0.014145	25.28	25.57	25.43	0.03102
18	0.0242	30.0	10.0	1685	1823	0.015136	0.014145	25.50	25.79	25.65	0.03103
19	0.0243	30.0	10.0	1683	1821	0.015136	0.014145	25.47	25.76	25.62	0.03112
20	0.0246	30.0	10.0	1662	1798	0.015136	0.014145	25.16	25.43	25.29	0.03111
平均	0.0244	30.0	10.0								0.03105

標準偏差 5.24758E-05

繰返し測定による不確かさ評価

付表 - 3.3 熱伝導率の繰返し測定結果

	熱伝導率 (W/m·K)		
	EPS - 1-11	GW - 2-11	
繰返し	No.1	0.03416	0.03110
	No.2	0.03414	0.03112
	No.3	0.03415	0.03110
	No.4	0.03414	0.03100
	No.5	0.03414	0.03107
	No.6	0.03414	0.03102
	No.7	0.03414	0.03098
	No.8	0.03415	0.03103
	No.9	0.03415	0.03111
	No.10	0.03415	0.03115
	No.11	0.03414	0.03100
	No.12	0.03414	0.03105
	No.13	0.03423	0.03099
	No.14	0.03426	0.03101
	No.15	0.03420	0.03100
	No.16	0.03420	0.03103
	No.17	0.03422	0.03102
	No.18	0.03424	0.03103
	No.19	0.03408	0.03112
	No.20	0.03407	0.03111

$$\begin{aligned}
 S &= 0.0426255 \\
 CF &= 0.04252866 \\
 S_T &= 0.0000968 \\
 S_A &= 9.672E-05 \\
 S_B &= 2.414E-08 \\
 S_e &= 0.0000001
 \end{aligned}$$

付表 - 3.4 分散分析表(EPS)

要因	自由度	平方和	分散	分散の期待値
試験体 A	1	9.672E-05	9.672E-05	$\frac{\sigma_A^2}{20}$
繰返し B	19	2.414E-08	1.271E-09	$\frac{\sigma_B^2}{2}$
誤差 e	19	0.0000001	3.921E-09	$\sigma_e^2$
	39	0.0000968		

$$\begin{aligned}
 u_A &= 0.00220 \\
 u_B &= \\
 \hline
 u_e &= 0.00007 \\
 u_C &= 0.00220
 \end{aligned}$$

付表 - 3.5 実験標準偏差及び標準不確かさ

	EPS - 1 - 11	GW - 2 - 11
平均値 $\bar{x}$	0.03416	0.03105
実験標準偏差 $s(x)$	4.91E-05	5.28E-05

$$\begin{aligned}
 \text{EPS - 1 - 11} \quad u_C &= 0.000049 \\
 \text{GW - 2 - 11} \quad u_C &= 0.000053
 \end{aligned}$$

# 工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさ推定 及び技能試験用試料開発に係る調査研究成果報告書

【JIS A 1516「建具の気密性試験方法」

平成17年3月

財団法人 日本建築総合試験所

## 目 次

1 . 調査研究の概要 .....	2
1.1 調査研究の目的 .....	2
1.2 調査研究の対象 JIS 規格 .....	2
1.3 不確かさの評価方法 .....	2
1.4 技能試験試料の提案 .....	2
2 . 調査研究の実施体制 .....	3
3 . 調査研究の期間 .....	3
4 . 調査研究の成果報告 .....	3
4.1 測定の不確かさの推定 .....	4
4.2 技能試験試料の提案 .....	9
附属書	
付表 - 1 .....	10
付表 - 2 .....	10
参考資料 .....	11

## 1. 調査研究の概要

### 1.1 調査研究の目的

工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における各分野の代表的な試験について試験結果に影響を及ぼす要因等を調査し、検証実験データを用いた統計的手法により測定の不確かさを推定する。また、技能試験に用いることが可能な均質な試験試料を調査し、提案することを目的とする。

平成 16 年 6 月 9 日に工業標準化法が改正されたことに伴い、平成 16 年 10 月から新 JNLA 制度の運用が開始された。新 JNLA 制度では「指定商品以外の鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」を対象としていた旧 JNLA 制度と異なり、「すべての鋳工業品に係る JIS に規定された試験方法」に対象が大幅に拡大された。新 JNLA 制度に基づき試験事業者として登録を受けるためには、JIS Q 17025(ISO/IEC 17025)「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」を満足する品質システムの構築、運用が必要である。同規格の要求事項の一つに「試験所は、測定の不確かさを推定する手順ともち、適用する」とあり、試験所は測定の不確かさの推定に関する手順書の整備が不可欠である。しかし、校正と異なり試験は数千の規格が存在し、測定の不確かさの推定が進んでいない状況にある。本調査研究は、各分野の代表的な試験について測定の不確かさの推定例を示すことで、広く不確かさを浸透させることも目的の一つと言えるであろう。

### 1.2 調査研究の対象 JIS 規格

本調査研究では、工業標準化法に基づく試験事業者認定制度（JNLA 制度）における「気密・水密・耐風圧試験」に区分される JIS A 1516「建具の気密性試験方法」を取り上げ、同試験に係る不確かさ要因を検討し、検証実験から得られたデータをもとに測定の不確かさを推定する。また、技能試験を実施するための最適な方法の提案を検証実験から得られたデータをもとに提案する。

### 1.3 不確かさの評価方法

上記試験における測定の不確かさの評価は、独立行政法人 製品評価技術基盤機構が公開する「JNLA の試験における測定の不確かさの適用に関する方針」に定められているカテゴリー分類の「定量試験 B」の「不確かさの主な構成要素の確認及び測定の不確かさの合理的な推定による方法」により行なう。

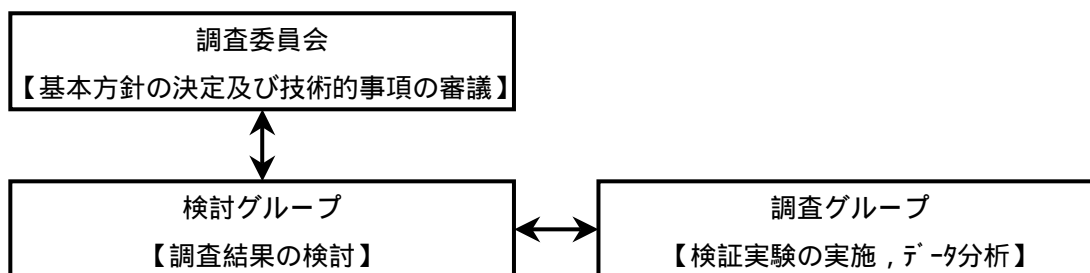
不確かさの推定は、A タイプ評価として同一試験体を用いた繰返し測定から得られた検証実験データを用いて分散分析により求め、標準不確かさを算出する。また、B タイプ評価として試験結果に影響を及ぼす各測定機器の校正の不確かさ及び測定時に生じる各測定機器の量子化誤差による不確かさを考慮する。これらより求めた各標準不確かさを合成し、包含係数  $k=2$  として測定の不確かさ（拡張不確かさ）を算出する。

### 1.4 技能試験試料の提案

技能試験の実施に際し、安定した均質な試験結果が得られる試験試料を配付することは最も重要な要素である。しかし、均質な製品を開発することは非常に難しく、専門的な知識や経験を有すると思われる。そこで、JIS A 1516「建具の気密性試験方法」の試験に精通した試験実施者の経験をもとに検証実験を通じて技能試験試料を提案する。

## 2. 調査研究の実施体制

本調査研究を進めるための体制として、産業技術総合研究所の小池昌義氏を委員長とした製品評価技術基盤機構が設置する「測定の不確かさ推定及び技能試験品目開発の調査委員会」のもと、当試験所内に検証実験を実施しデータ分析等を行なう調査グループと検証実験データについて討議、助言等を行なう検討グループを設置する。もって、本調査研究の趣旨に副った実験の実施及び報告書の作成を円滑に行なう。検討グループのメンバーは当試験所内で不確かさに造詣が深い職員を選定した。



### 【検討グループ】

井上 豊 (財団法人 日本建築総合試験所 所長)  
上田 哲夫 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部 部長)  
倉橋 岩夫 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長)  
小南 和也 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部環境試験室 室長代理)  
山本 英樹 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部品質管理室 主査)

### 【調査グループ】

西村 宏昭 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室 室長)  
苅谷 信次 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室 主査)  
前田 豊 (財団法人 日本建築総合試験所 建築物理部耐風試験室)

### 【事務局】

土井 清 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 室長)  
谷中 啓一 (財団法人 日本建築総合試験所 品質保証部試験業務室 主査)

## 3. 調査研究の期間

平成16年8月6日～平成17年3月25日

## 4. 調査研究の成果報告

調査研究の成果として、繰返し測定等による検証実験を行ない JIS A 1516「建具の気密性試験方法」における測定の不確かさを提案することができた。また、技能試験試料について提案することができた。調査研究の詳細は、下記に示すとおりである。



## 4.1 測定の不確かさの推定

### 4.1.1 試験の概要

JIS A 1516「建具の気密性試験方法」に定められる試験手順は以下に示すとおりである。

搬入された試験体（実際の使用状態）を空気が漏れないように圧力箱に取付ける。

予備加圧：試験圧力より 10%以上かつ 500 Pa 以上大きい圧力差を 3 秒以上 3 回加える。

開閉確認：戸の開閉を 5 回繰返し、その後施錠する。

加 圧：圧力差の段階は、10,30,50,100,150,200,300,400,500 及び 600 Pa とし、最大 ( $P_{max}$ ) が 600 Pa を超える場合は、100 Pa を超えない範囲の段階で圧力差を増加させる。各段階で最低 10 秒以上保持する。昇圧と降圧の両方実施する。(図 - 2 及び図 - 3 参照)

測 定：各段階の圧力差ごとに流量が定常になったときの流量を測定する。流量測定は、ベンチュリ管と風速計、オリフィスや超音波流量計等によって測定される。

通 気 量：それぞれの加圧時での通気面積  $1 \text{ m}^2$  当たり（又はすき間長さ  $1 \text{ m}$  当たり）、1 時間当たりの流量を求める。

通気量  $Q (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2)$  は次式で表される。

$$Q = Va/A$$

ここで、  
 $V$  : ベンチュリ管で測定される風速  $V \times 3600$  (m/h)  
 $a$  : ベンチュリ管の断面積 ( $\text{m}^2$ )  
 $A$  : 試験体の通気面積 ( $\text{m}^2$ )

また、風速  $V$  と圧力差  $P$  の関係は次式で示される。

$$V = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}$$

ここで、  
 $V$  : 風速 (m/s)  
 $P$  : 圧力差 (Pa)  
: 空気密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$\rho = 1.29 \times \frac{Pa}{1013} \times \frac{293}{273+t}$$

ここで、  
 $Pa$  : 気圧 (hPa)  
 $t$  : 空気温度 ( )

から

$$V = \sqrt{\frac{2P \times 1013 \times (273+t)}{1.29 \times Pa \times 293}}$$

なお、本試験の対象となる製品は JIS A 4702「ドアセット」及び JIS A 4706「サッシ」が一般的であり、同製品規格には圧力差の最大値を 100 Pa と規定しており、JIS 規格製品ではこれ以上の圧力差で測定することはないことから、本検証実験は 100 Pa を最大とする。

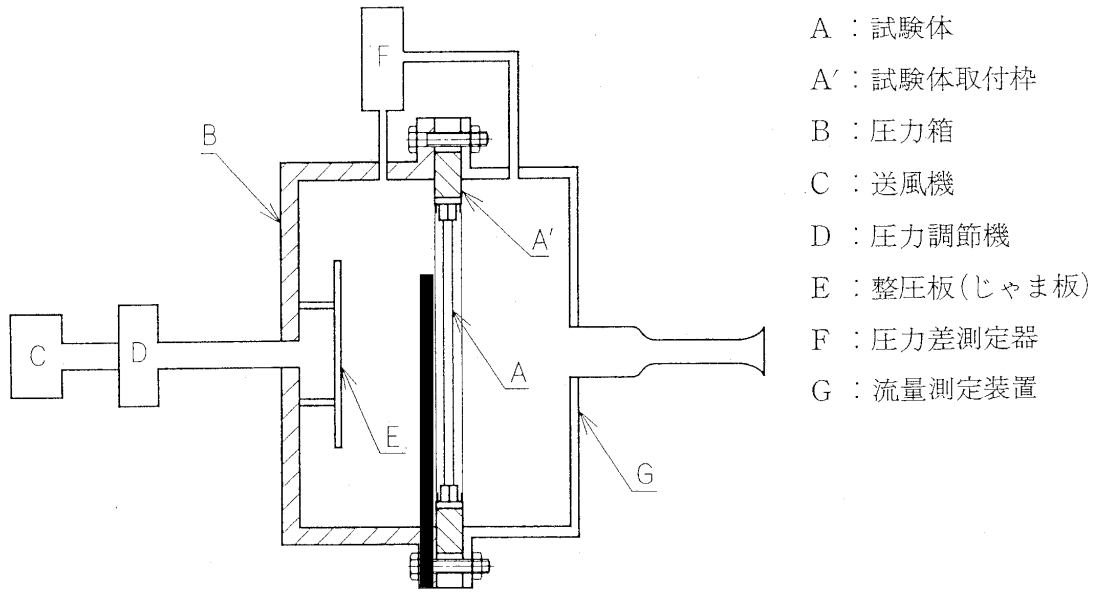


図 - 1 測定装置の概要図

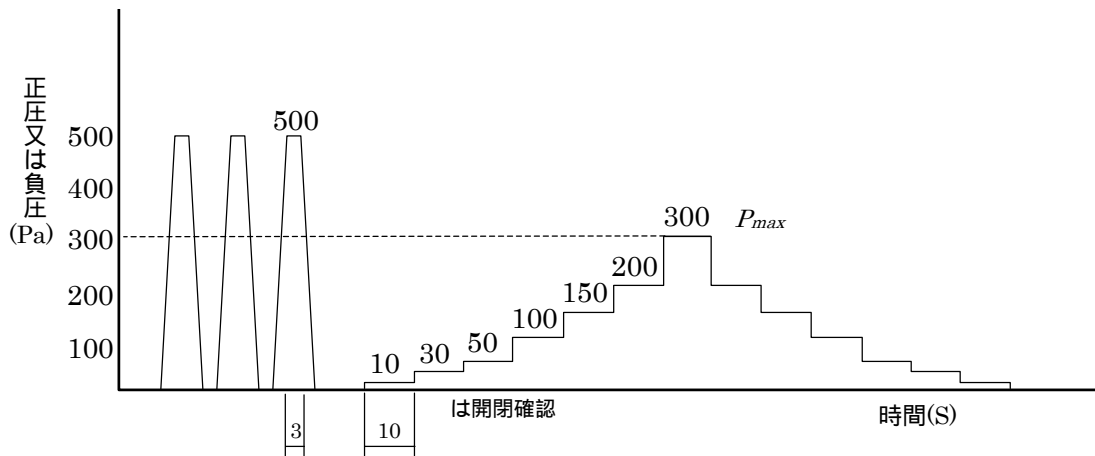


図 - 2 加圧線図 ( $P_{max}$  が 600 Pa 以下の例)

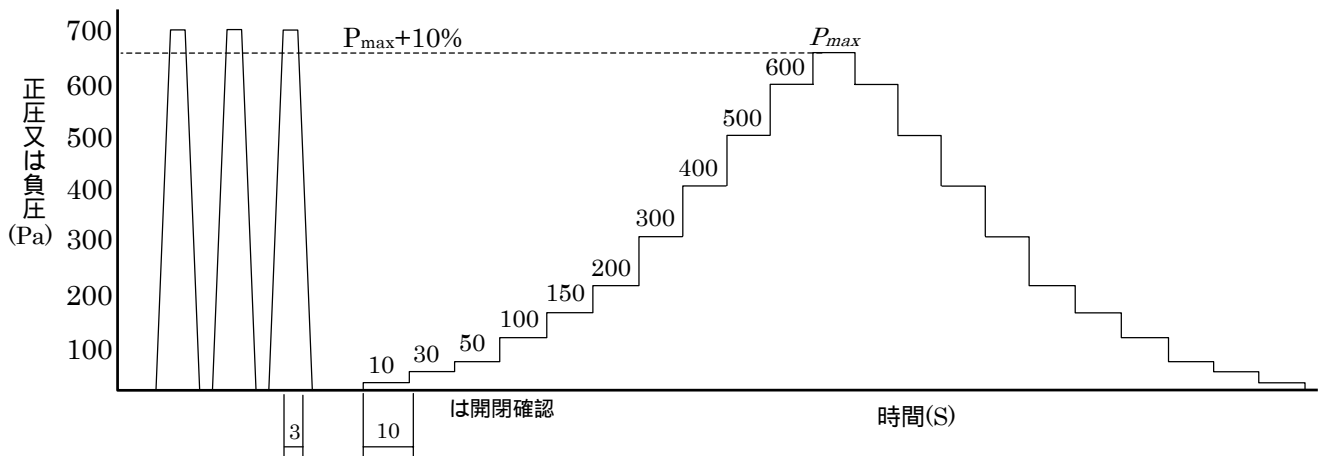


図 - 3 加圧線図 ( $P_{max}$  が 600 Pa を超える例)

#### 4.1.2 測定に使用する機器

気密性試験の試験結果に影響を及ぼす計測器としては、圧力計、風速計又は流量計等がある。り、JIS規格に規定されている条件を満たす性能を有する機器を用いて検証実験を実施した。また、これら計測器は、国家計量標準又は国際標準にトレーサビリティを確保しており、校正の不確かさが求められている。

#### 4.1.3 試験体（実験対象材料）

測定の不確かさを推定するための試験体は、一般に市販されているJIS A 4706「サッシ」の等級A-4を満足する製品である。通常、本試験では依頼者が搬入する試験体についてのみ試験を実施することから試験機関においてサンプリングを行なうことはない。また、本試験に供される試験体は、製造会社において日々開発が進められており、同じ性能を有する製品が永年的に入手できる性質のものではない。

##### 【試験体の性能】

JIS A 4706「サッシ」 アルミニウム合金製サッシ 引違い窓 (1690 mm × 1787 mm)

内法寸法及び内法面積 : 1650 mm × 1757 mm = 2.899 m<sup>2</sup>

等級 気密性 : A-4、水密性 : W-4、耐風圧性 : S-2

#### 4.1.4 不確かさの特性要因図

本試験における測定の不確かさの要因は、下記の特性要因図に示すようなものが考えられる。ただし、近年はコンピュータによる自動制御により試験を実施するケースが多く、本試験においても圧力差の設定、調整及び読取り、風速計や流量計の指示値の読取り等は全てコンピュータによる自動計測で行なわれることから、計測部分に測定者の違いによるばらつきは発生しない。測定者の違いによるばらつきが最も大きく現れると考えられる作業としては、試験体の試験装置への取り付け又は風速計のベンチュリ管への固定作業等が考えられる。ただし、流量計を用いて測定をした場合は、流量計を固定する等の作業が含まれないことから測定の不確かさは小さくなると考えられる。

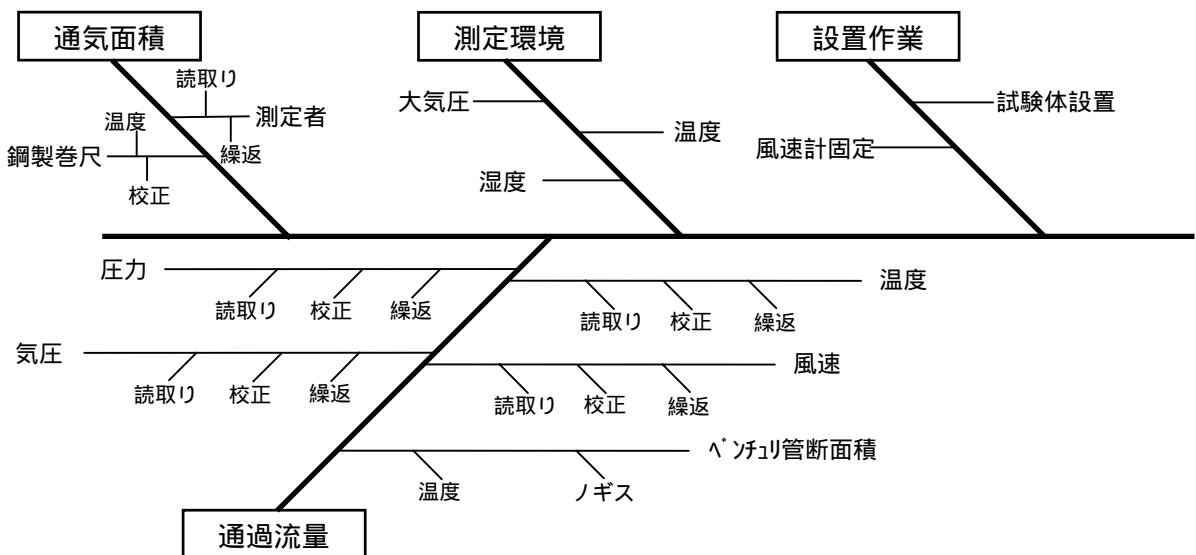


図 - 4 不確かさの特性要因図

#### 4.1.5 不確かさの推定のための実験概要

試験機関においてサンプリングを含まない非破壊試験の場合、同一の試験体を用いて試験日、測定者等を変えた反復測定により測定の不確かさを推定することが最も効率的な方法である。非破壊試験の場合、試験体のばらつきが含まれない純粋な測定の不確かさが評価できる。一方、破壊試験の場合は繰返し測定を行なうと試験毎に試験体が替わることから試験体のばらつきを含んだ測定の不確かさしか評価することが出来ない。

ここでは、風速計を用いて試験と流量計を用いた試験の2種類について各10回の反復測定を行ない、得られた実験データを用いて分散分析により測定の不確かさを推定することとする。

#### 4.1.6 検証実験結果

本試験は、規格に定められた圧力差毎に試験結果を報告することから、「圧力差毎に測定の不確かさを評価し、報告する」又は「試験全体を通じた測定の不確かさを評価し、報告する」の2種類の方法が考えられる。試験機関としては後者の方が簡便であるが、不確かさが大きくなる可能性がある。

ここでは、第一に「圧力差毎に測定の不確かさの評価」、第二に「試験全体の測定の不確かさの評価」について検討することとする。

流量計及び風速計を用いた反復測定の結果を付表-1及び付表-2に示す。測定データを用いて実験標準偏差（標準不確かさ）及び相対不確かさを求めた。流量計を用いて測定した場合の標準不確かさは  $0.03 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \sim 0.08 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  で、相対不確かさは  $1.28\% \sim 2.31\%$  である。風速計を用いて測定した場合の標準不確かさは  $0.08 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \sim 0.38 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  で、相対不確かさは  $4.85\% \sim 6.58\%$  である。流量計に対して風速計の不確かさが3~4倍大きくなる傾向にある。これは、使用している無指向性サーミスタ風速計の固定状態によっては1割程度の測定誤差が生じる可能性がためだと推測する。風速計は、試験毎にベンチュリ管に固定しており、可能な限り一定の位置に固定するよう風速計にマーキングを付ける等の工夫をしているが、向き、差込寸法及び角度等を微妙に調整する必要があり解消できないばらつきが生じていると思われる。したがって、安定した試験結果を得るためには流量計を用いて試験することが望ましい。

#### 4.1.7 不確かさのバジェットシート

通気量を風速計で測定した場合の圧力差10 Paにおける測定の不確かさのバジェットシートを表-1.1に、流量計で測定した場合の圧力差10 Paにおける測定の不確かさのバジェットシートを表-1.2に示す。また、JIS A 1516「建具の気密性試験方法」によりJIS A 4706「サッシ」の試験を実施した場合の各圧力差における測定の不確かさを表-1.3に示す。

##### 【風速計の測定】

・通気量 :  $Q=Va/A$       ここで、 $Q$  : 通気量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ )  
 $V$  : 風速 ( $\text{m}/\text{s}$ )  
 $a$  : ベンチュリ管の断面積 ( $\text{m}^2$  :  $0.000579\text{m}^2$ )  
 $A$  : 試験体の通気面積 ( $\text{m}^2$ )

・感度係数

$$\frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{a}{A} \quad \cdot \quad \frac{\partial Q}{\partial a} = \frac{V}{A} \quad \cdot \quad \frac{\partial Q}{\partial A} = -VaA^{-2}$$

表 - 1.1 バジェットシート【圧力差：10 Pa 、 風速計】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>ci</i>	標準不確かさ $m^3/h \cdot m^2$	
反復測定の不確かさ	$u_{rep}$	0.09	$m^3/h \cdot m^2$	正規分布 (1)	1	0.09
ベンチリ管の不確かさ <sup>1</sup>	$u_{bcal}$	1.5	%	正規分布 (1)	1.52	0.0228
圧力計の不確かさ	$u_{pcal}$	0.12	Pa	正規分布 (2)	$3 \times 10^{-5}$	0.00912
風速計の不確かさ	$u_{vcal}$	0.2	m/s	正規分布 (2)	$2 \times 10^{-4}$	0.0719
合成標準不確かさ	$u_c$			正規分布		0.1216
拡張不確かさ	$U$			正規分布 $k_{95}=2$		0.24

1：JIS Z 8762「絞り機構による流量測定方法」

表 - 1.2 バジェットシート【圧力差：10 Pa 、 流量計】

不確かさの要因	値	単位	分布(除数)	感度係数 <i>ci</i>	標準不確かさ $m^3/h \cdot m^2$	
反復測定の不確かさ	$u_{rep}$	0.03	$m^3/h \cdot m^2$	正規分布 (1)	1	0.03
流量計の不確かさ <sup>1</sup>	$u_{rcal}$	2	%	正規分布 ( $\sqrt{3}$ )	0.577	0.0182
圧力計の不確かさ	$u_{pcal}$	0.12	Pa	正規分布 (2)	$3 \times 10^{-5}$	0.00948
合成標準不確かさ	$u_c$			正規分布		0.0364
拡張不確かさ	$U$			正規分布 $k_{95}=2$		0.073

表 - 1.3 各圧力差における測定の不確かさ

圧力差	拡張不確かさ ( $m^3/h \cdot m^2$ )		相対拡張不確かさ (%)	
	風速計	流量計	風速計	流量計
10 Pa	0.24	0.073	16.0	4.6
30 Pa	0.33	0.14	11.6	4.9
50 Pa	0.41	0.18	10.7	4.9
100 Pa	0.79	0.19	13.7	3.5
50 Pa	0.42	0.18	11.1	4.9
30 Pa	0.33	0.12	11.5	4.3
10 Pa	0.23	0.072	15.1	4.6

以上より、測定の不確かさは流量計に比べて風速計を用いた測定では約4倍になり、非常に大きな不確かさになることが確認された。また、流量計を用いた測定では通気量に対する相対不確かさで評価すると圧力差に関係なく、約5%になる。

#### 4.2 技能試験試料の提案

本試験では、大型試験体（寸法：約 1800mm × 約 1800mm）を使用することから技能試験試料の配付等について十分な検討が必要である。また、上記の結果から JIS 規格を満足する測定機器を用いて測定したとしても大きなばらつきがあるので、技能試験試料及び試験方法を厳密に規定した技能試験が必要であると思われる。技能試験方法としては、同一の試験体を持ち回るラウンドロビン方式が望ましいと思われる。また、技能試験に用いる試料としては通気量をコントロールした試験体（例えば：試験体に必要な穴を開ける）を配付することで均質性試験を行わなくても安定した試験試料が配付できると考えられる。

以 上

付表 - 1 反復測定によるばらつきを検証実施データ (超音波流量計)

回数	10Pa		30Pa		50Pa		100Pa		50Pa		30Pa		10Pa	
	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)
1	10.2	1.54	30.2	2.93	50.4	3.89	100.3	5.60	50.4	3.86	30.4	2.93	10.2	1.51
2	10.0	1.58	30.5	2.88	50.0	3.73	100.2	5.42	50.4	3.70	30.4	2.84	10.4	1.58
3	10.3	1.60	30.3	2.83	50.4	3.70	100.2	5.43	50.3	3.67	30.0	2.81	10.1	1.58
4	10.1	1.61	30.0	2.78	50.2	3.65	100.0	5.40	50.3	3.63	30.5	2.80	10.3	1.61
5	10.1	1.58	30.5	2.82	50.2	3.66	100.0	5.45	50.3	3.64	30.2	2.80	10.1	1.58
6	10.2	1.61	30.1	2.77	50.2	3.65	100.2	5.49	50.4	3.65	30.2	2.77	10.1	1.57
7	10.3	1.59	30.1	2.76	50.5	3.65	100.2	5.42	50.1	3.60	30.4	2.77	10.2	1.55
8	10.5	1.59	30.3	2.78	50.2	3.65	100.2	5.44	50.5	3.66	30.2	2.76	10.2	1.56
9	10.1	1.53	30.3	2.80	50.4	3.62	100.5	5.43	50.2	3.63	30.4	2.77	10.2	1.52
10	10.2	1.52	30.2	2.75	50.1	3.59	100.1	5.33	50.3	3.58	30.2	2.75	10.2	1.51
平均値	10.2	1.58	30.2	2.81	50.3	3.68	100.2	5.44	50.3	3.66	30.3	2.80	10.2	1.56
最大値	10.5	1.61	30.5	2.93	50.5	3.89	100.5	5.60	50.5	3.86	30.5	2.93	10.4	1.61
最小値	10.0	1.52	30.0	2.75	50.0	3.59	100.0	5.33	50.1	3.58	30.0	2.75	10.1	1.51
実験標準偏差	0.14	0.03	0.16	0.06	0.15	0.08	0.14	0.07	0.12	0.08	0.15	0.05	0.10	0.03
相対不確かさ	1.33	2.07	0.53	2.05	0.31	2.31	0.14	1.28	0.24	2.11	0.50	1.84	0.95	2.18

本検証実験では、鋼製枠とサッシ(鍵具)からなる試験体を圧力箱に固定し、捕集箱の取付けおよび取外しを繰り返すことで試験の繰返しによる誤差を確認した。超音波流量計は捕集箱に固定されているため、測定機器の設置による誤差はない。

検証実験は、各回ごとに捕集箱の取り付け取り外しを繰返し、規定(圧力差500Pa)された予備加圧を加えた後に測定した。

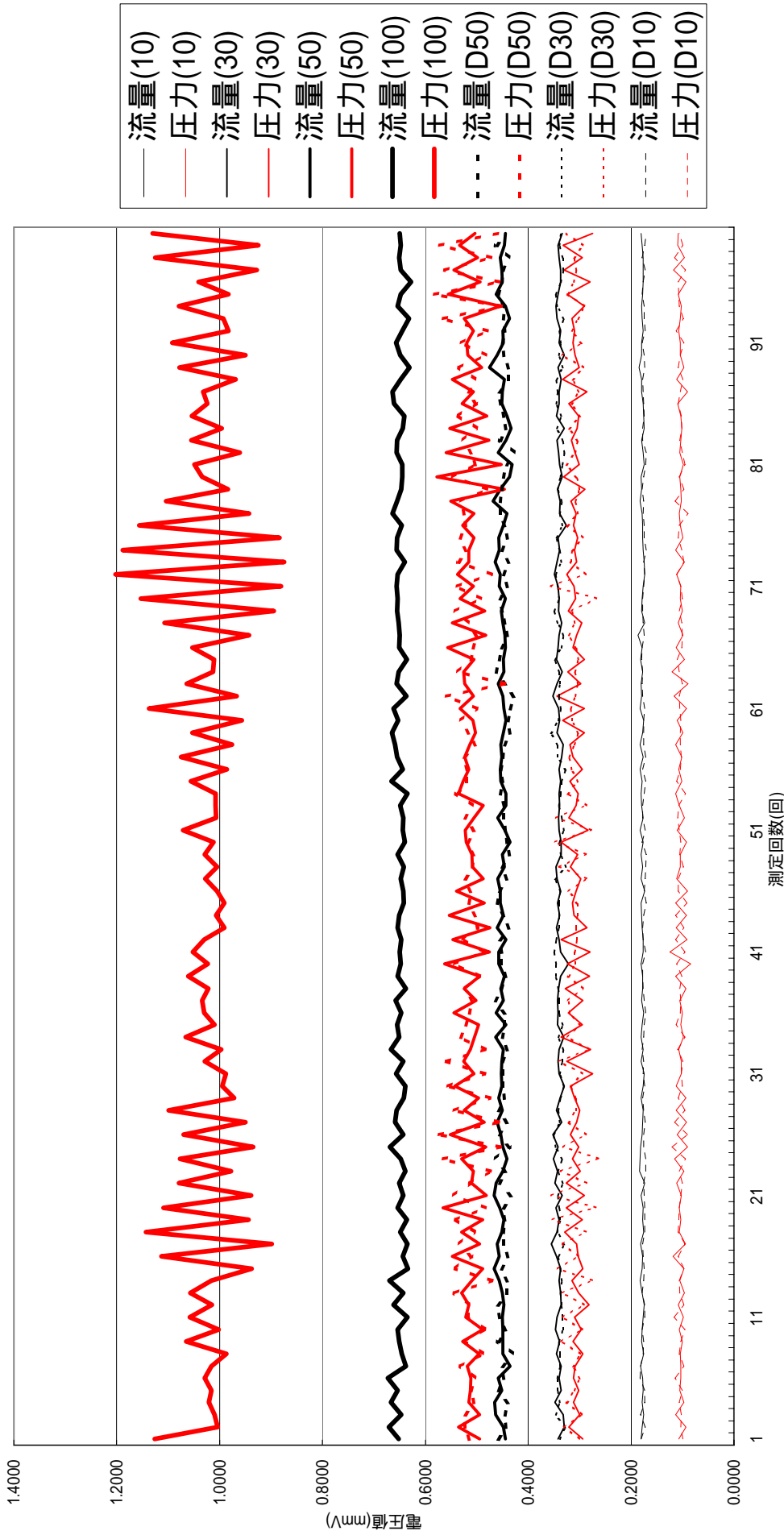
付表 - 2 反復測定によるばらつきを検証実施データ (風速計)

回数	10Pa		30Pa		50Pa		100Pa		50Pa		30Pa		10Pa	
	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)	圧力差 (Pa)	通気量 (m <sup>3</sup> /h・m)
1	10.1	1.44	30.2	2.78	50.4	3.73	100.4	5.44	50.1	3.68	30.3	2.75	10.3	1.42
2	10.2	1.43	30.3	2.77	50.3	3.75	100.1	5.61	50.1	3.72	30.3	2.77	10.1	1.40
3	9.9	1.58	30.1	2.85	50.2	3.91	100.1	6.12	50.2	3.98	30.1	2.92	10.1	1.54
4	10.1	1.36	30.0	2.47	50.2	3.35	100.2	4.91	50.2	3.35	30.3	2.50	10.0	1.35
5	10.1	1.67	30.1	2.95	50.4	3.98	100.3	6.14	50.1	4.00	30.2	2.97	10.1	1.58
6	10.0	1.55	30.2	2.95	50.0	3.98	100.3	6.04	50.4	3.95	30.4	2.96	10.1	1.52
7	10.3	1.57	30.0	2.93	50.1	3.91	100.3	6.05	50.3	3.93	30.3	2.94	10.1	1.55
8	10.1	1.56	30.4	2.88	50.2	3.82	100.0	5.88	50.0	3.81	30.3	2.87	10.2	1.58
9	10.1	1.52	30.2	2.81	50.2	3.79	100.3	5.83	50.3	3.82	30.3	2.84	10.2	1.52
10	10.0	1.56	30.1	2.86	50.1	3.81	100.4	5.79	50.4	3.81	30.1	2.84	10.1	1.52
平均値	10.1	1.52	30.2	2.82	50.2	3.80	100.2	5.78	50.2	3.81	30.3	2.84	10.1	1.50
最大値	10.3	1.67	30.4	2.95	50.4	3.98	100.4	6.14	50.4	4.00	30.4	2.97	10.3	1.58
最小値	9.9	1.36	30.0	2.47	50.0	3.35	100.0	4.91	50.0	3.35	30.1	2.50	10.0	1.35
実験標準偏差	0.11	0.09	0.11	0.14	0.15	0.18	0.13	0.38	0.14	0.19	0.11	0.14	0.08	0.08
相対不確かさ	1.11	5.86	0.38	4.94	0.29	4.85	0.13	6.58	0.28	5.09	0.36	5.00	0.77	5.40

本検証実験では、鋼製枠とサッシ(鍵具)からなる試験体を圧力箱に固定し、捕集箱の取付けおよび取外しを繰り返すことで試験の繰返しによる誤差を確認した。風速計は捕集箱に固定されたベンチュリー管に取付けるため、人の設置による誤差が要因として含まれる。

検証実験は、各回ごとに捕集箱の取り付け取り外しを繰返し、規定(圧力差500Pa)された予備加圧を加えた後に測定した。

1回目

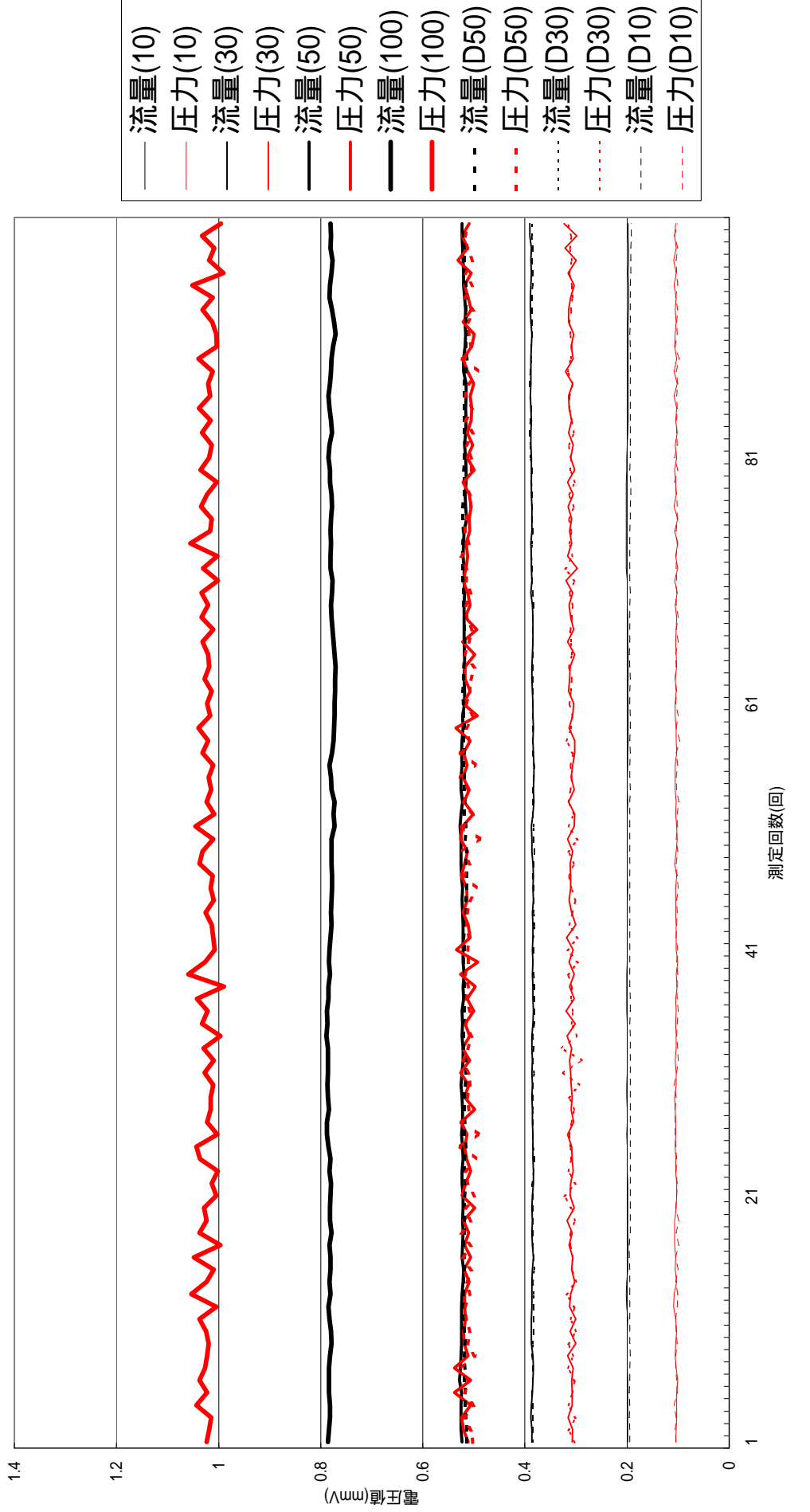


- 流量(10)
- 压力(10)
- 流量(30)
- 压力(30)
- 流量(50)
- 压力(50)
- 流量(100)
- 压力(100)
- - - 流量(D50)
- - - 压力(D50)
- · · 流量(D30)
- · · 压力(D30)
- - - 流量(D10)
- - - 压力(D10)

	10Pa		30Pa		50Pa		100Pa		50Pa(DOWN)		30Pa(DOWN)		10Pa(DOWN)	
	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差
平均値	0.178	0.104	0.340	0.308	0.451	0.514	0.650	1.023	0.448	0.514	0.339	0.310	0.175	0.104
最大値	0.186	0.124	0.355	0.344	0.476	0.577	0.673	1.203	0.465	0.581	0.356	0.355	0.182	0.120
最小値	0.173	0.085	0.322	0.275	0.431	0.447	0.628	0.874	0.428	0.446	0.326	0.264	0.170	0.090
標準偏差	0.003	0.008	0.005	0.015	0.008	0.026	0.009	0.066	0.008	0.028	0.006	0.019	0.003	0.006
変動係数	1.456	7.399	1.614	4.970	1.759	4.967	1.451	6.469	1.744	5.473	1.666	5.975	1.517	5.868



2回目



- 流量(10)
- 压力(10)
- 流量(30)
- 压力(30)
- 流量(50)
- 压力(50)
- 流量(100)
- 压力(100)
- - - 流量(D50)
- - - 压力(D50)
- ..... 流量(D30)
- ..... 压力(D30)
- 流量(D10)
- 压力(D10)

	10Pa		30Pa		50Pa		100Pa		50Pa(DOWN)		30Pa(DOWN)		10Pa(DOWN)	
	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差	風速	圧力差
平均値	0.199	0.105	0.386	0.309	0.521	0.514	0.780	1.021	0.518	0.511	0.385	0.310	0.194	0.103
最大値	0.202	0.109	0.390	0.323	0.528	0.539	0.789	1.060	0.523	0.526	0.391	0.328	0.196	0.108
最小値	0.197	0.101	0.382	0.297	0.515	0.492	0.771	0.990	0.514	0.489	0.382	0.289	0.191	0.097
標準偏差	0.001	0.002	0.002	0.006	0.003	0.010	0.004	0.014	0.002	0.008	0.002	0.007	0.001	0.002
変動係数	0.638	1.737	0.466	1.798	0.596	1.854	0.525	1.418	0.412	1.626	0.544	2.111	0.369	2.053