

## 残響室法吸音率測定方法のJIS

子 安 勝\*

建築音響の分野における重要な測定の一つである残響室法吸音率の測定方法が、日本工業規格(JIS)として制定された。\*\*

残響室法吸音率の測定は非常に古くから行なわれており、この間測定方法自体には、絶えず検討と改善が加えられて現在に至っている。しかし、残響室内の音場についての基本的な問題点が、完全には解明されていないために、本質的な意味での測定方法の確立は、なお今後に残されたままになっている。

今回行なわれた測定方法のJIS化は、たしかに従来からの一歩前進であるが、あくまでも現段階で可能な範囲での規格化であり、さらに整備された規格に向うためには、各方面からの研究や討議を必要とする問題である。

こうした意味も含めて、今回制定された残響室法吸音率測定方法のJISについて、制定に至るまでの経過、規格内容の特徴や問題点のあらましを解説しておきたい。

### 1. 残響室法吸音率測定のあゆみ

残響室法吸音率の測定は、今世紀における建築音響学の出発とほとんど同時に始められている。とくに、室内音響の分野についてみれば、その歴史の一断面は室の内面に使用される材料などの吸音特性を規定する方法の探求によって形成されてきたといつてよいであろう。

その間にたとえば残響時間の測定器や測定方法についてみると、最近の高速レベル記録器や各種のデジタル残響計あるいは tone burst method などに至るまで、飛躍的な進歩を示している。

しかし、この残響時間を使って吸音率を算出する場合の前提になる拡散音場の条件を、残響室のなかで厳密に実現することは非常にむずかしい問題である。

これは具体的には、測定機関によって同一材料の残響室法吸音率がかなりちがう場合があるという形であられ、建築音響自体に不明確さを残す大きな原因の一つになっている。

今から40年近く前に、米国で音響学会が設立されたのも、この問題が一つの契機になったと聞いている。またわが国で音響材料協会が設立された直後に、学会に対して吸音率データの整備についての要望書が出されたことを記録しているが、これも言葉をかえれば残響室法吸音率測定方法の確立を望んだものということになる。

もちろん、問題解決のための努力は、各方面で実験、理論の両面から続けられてきた。その一つに、同一材料の持回り試験(Round Robin Test)と呼ばれる方法がある。欧米では、すでに古くからしばしば繰り返えされているが、<sup>1),2),3),4),5)</sup> とくに重要なのは、国際標準機構(ISO)の推奨案を作成するために、数年前にヨーロッパを中心にして2回にわたって行なわれた大規模な持回り比較測定であろう<sup>6)</sup>。その後さらに米国、カナダではASTM規格を検討することを直接の目的とした持回り試験が行なわれている。

わが国では、残響室法吸音率測定の問題が一般的になったのは比較的最近のことであるが、1958年と1960年に、やはり同様の持回り試験が行なわれている。

### 2. 残響室法吸音率の問題点と測定方法規格化の考え方

このような各方面からの努力にもかかわらず、なお残響室法吸音率に問題が残されているのは、すべて測定的基础になる残響室内の音場について、現実的でもかも明確な規定がなされていないことに起因しているとしてよいであろう。

すなわち、W.C.Sabine が残響式に到達するまでに行なった膨大な実験から、そのときの音場に共通する性状と考えた事項は、その後の残響理論を導くとき

\* 小林理学研究所

\*\* JIS A 1409-1967

に、音場に対する仮定として次のような形にまとめられている：

- (1) 音のエネルギーは室内一様に分布すること。
- (2) 室内すべての場所で、音のエネルギーの移動がすべての方向に等しい確立でおこること。

したがって、吸音率の測定に使われる残響室では、上にのべた二つの条件いわゆる拡散音場の成立が前提条件ということになる。しかし、厳密な意味での拡散音場を実現することは、必ずしも容易な問題ではなく、現在まで測定方法に関連して行なわれてきた研究の多くは、結局はこの拡散音場の問題に帰着するといってもよいであろう。

ただ一方において、実際に吸音材料が使われる室では、拡散音場の条件が満たされていないと考えられる場合も多い。普通の事務室、会議室や教室あるいは小さな放送スタジオなどはその例である。こうした場合に、理想的な条件に近い残響室法吸音率をそのまま適用しても、それが必ずしも正確な音場の予測に結びつかないことは、経験的にもよく知られている事実である。

残響室法吸音率の測定方法に関連して、いま一つの基本的な問題と考えられるのは、周辺効果あるいは面積効果といわれる現象である。

これは、吸音率の測定値が材料の寸法によって変化する現象であって、有名な Chrysler の実験以来多くの実験的研究が行なわれるとともに、周辺における回折を考えた理論的解析も行なわれてきた。しかし、この周辺効果も実際には室内の音場によって影響されるので、測定方法という面からみれば、まず拡散音場の実現が前提になるといってよいであろう。

このようにして、残響室法吸音率測定方法の規格化を考えるとときには、基本的に次の二つの異なった立場がとられることになる。すなわち

(1) 残響室法吸音率としては、あくまでもランダム入射の条件に対応する吸音率を考えるべきであり、測定方法についても、残響室内に完全な拡散音場を実現することを中心にして規格化を行なうことが必要である。そして、実際に吸音材料を使用する室が、完全拡散音場でない場合の問題は、残響室法吸音率の測定とは別の範疇に属する問題として取扱えばよいという考え方。

(2) 残響室法吸音率は、材料の吸音特性を表示する

ために約束された一つの量である。したがって、残響室内の音場にはある程度の拡散性さえ保たれていれば充分であり、測定方法の規格においては、測定値の再理性あるいは異なった測定機関による吸音率の比較などに重点をおくことが必要であるという考え方。

もちろん、実際の規格としては、上のどちらか一方だけの考え方によるものということにはならないが、ISO の推奨案には、(1) の考え方がかなり強く、これに対して ASTM の規格は、どちらかといえば(2) の立場によったものといえることができるであろう。

### 3. JIS 制定の経過

#### 3.1 原案作成委員会の発足まで

はじめにのべたように、わが国で残響室法吸音率の測定が一般化したのは、10 数年前からのことであるが、それ以来 2 回にわたる持回り試験やその他の測定を通して、吸音率とくにその測定方法の確立がつねに問題になってきたことは事実である。

しかし、問題の本質的な解決への道がかなり厳しいことは、あまりにもよく知られているために、最近に至るまで測定方法の規格化について、とくに積極的な動きはみられなかった。

ところが、これとは別に吸音材料の工業標準化がとりあげられ、昭和 38 年度にはじめて工業技術院から日本音響材料協会に JIS 原案作成が委託されて以来、現在までに 8 品種の JIS 制定あるいは原案答申を終わっている。

これら吸音材料 JIS の内容は、すでに本誌で解説されている。そこにものべられているように、これらの規格で吸音材料としての品質の規定方法を考えると、当然のこととして残響室法吸音率が話題に上っている。

結果的には、(1) 材料 JIS の制定に先立って、残響室法吸音率の測定方法を規格化する見通しがえられないこと、(2) 工場における製品の品質管理あるいは検査という面から考えると、試験方法として必ずしも最適といえない面もあることなどの理由によって、材料規格の品質規定のなかには、残響室法吸音率はまったく使われていない。

しかしまた一方において、現在吸音材料の実用的なデータとして、最も一般的に使われる機会が多いのは

残響室法吸音率である。今回の品種別材料のJISでは、残響室法吸音率の代表的なデータが、設計資料の意味も含めて参考図という形で示されている。

こうした事情もあって、測定方法の規格化はいつまでも放置しておくことのできない問題になってきた。

日本音響材料協会に設けられていた吸音材料工業標準化委員会では、これに対処した測定方法規格化の準備段階として、従来の品種別材料JIS原案作成委員会とは別に、昭和39年11月に残響室法吸音率測定方法小委員会をつくった。

この小委員会では、測定方法に含まれる問題点を中心にして、現時点での規格化の可能性や具体的な進め方などが検討されることになった。

### 3.2 原案作成委員会の結成

このようにして、小委員会での討議が進められているうちに、工業技術院から昭和40年度事業としての原案作成委託が日本音響材料協会に出された。

そのため、さきの小委員会はそのまま原案作成委員会に移行して、作業を続行することになった。

原案作成委員会の構成は次の通りである。

委員長	牧田康雄 (NHK 技研)
委員長代理	子安 勝 (小林理研)
幹事	永田 穂 (NHK 技研)
	木村 翔 (日大)
委員(順不同)	平山 嵩 (東洋大)
	石井聖光 (東大生研)
	長友宗重 (鹿島技研)
	久保田喜八郎 (清水建設)
	久我新一 (建築研)
	安岡正人 (東洋大)
	松井昌幸 (東工大)
	前川純一 (神戸大)
	樋田直人 (竹中技研)
	広沢徳三郎 (日アス研)
	田村尹行 (工技院)
	藤田富男 (工技院)
	春日袈裟治 (音材協会)

### 3.3 原案作成の経過

ここでは、正式に原案委託を受ける前の準備段階での審議を含めて、答申案作成のための委員会の方針、作業経過をまとめておく。

委員会として最初にとりあげたのは、残響室法吸音

率測定方法を規格化するときの問題点を残らず抽出することである。

このための具体的な方法として、すでにできあがっていたISO推奨案 (ISO R-354) の逐条審議を行なうことにした。\*\*\*

本来国内規格は、できるだけ国際規格に合致したものであることが望ましい。この意味からいえば、残響室法吸音率の測定方法についても、ISO規格の内容をそのままJISとして採用することも考えられる。しかし、この場合のISO規格そのものに多くの問題点が含まれていることも、明らかな事実である。

このため、原案作成委員会の基本的な方針として、ISO規格のなかでそのままJISに移行できる部分は残し、問題点と考えられる事項を中心にした検討を行ない、ISO規格より一歩でも前進した形でのJIS原案を作成することにしたものである。

数回の委員会を経てまとめられた測定方法の問題点を列記すると次のようになる。

- (i) 残響室容積規定
- (ii) 拡散音場を実現するための規定あるいは拡散の程度の評価方法
- (iii) 吸音材料の周辺効果の検討と資料面積の規定
- ( ) 残響時間の測定方法

これらの問題点に対して、委員会ではまず関連した文献、資料についての調査、検討を数回にわたって行なった。

その結果、資料の解析だけからはISOの線からさらに前進することがむずかしいということになり、委員会として新しい実験研究を行なうことが必要であるという結論に達した。

こうして、さきあげた測定方法の問題点の解明を目標にした実験研究計画がたてられた。これは一種の持回り比較実験という形式のものであるが、従来のそのように単に吸音率の測定結果を比較するだけでなく、その結果をさらに基礎的に解析するのに役立つように、残響室内音場の拡散性を測定することみが加えられた。この拡散性の測定は、吸音率測定方法規格化の場合に、残響室を形状、寸法ではなく、性能で規

---

\*\*\* このISO推奨案は、その審議段階で送られてきた案について、日本音響学会音響規格調査委員会の建築音響専門委員会の場で検討されてきたものであるが、JIS化を直接の目的としたときの問題点を抽出する素材として、改めてこの委員会できりあげられた。

## 残響室法吸音率測定方法の JIS

定する方法の可能性を追及することも同時に意図したものである。

数回にわたる小委員会および委員会での活発な討議や、予備実験を経てつくられた研究実施計画による持回り試験の概要はつぎの通りである。

参加測定機関数****	12
残響室数	13
残響室容積	77 ~ 513 m <sup>3</sup>
拡散体	4条件
試料	グラスウールボード, 厚さ 50mm, 密度 25kg/m <sup>3</sup>
試料面積	4.98, 6.64, 9.96, 13.28 m <sup>2</sup>

なお、JIS 原案の作成は委員会組織で行なわれるものであるが、この残響室法吸音率測定方法の規格化は、多くの音響関係者が関心を持っている問題でもあるので、委員会では昭和 40 年 10 月の音響学会研究発表会(熊本)の機会をかりてその時点までの経過報告を行なった。

さきにのべた持回り測定の結果については、近い将来詳細な報告が行なわれる予定になっているので、すべてこれに譲りたい。

ただ、当初から十分に予想されたことではあるが、今回の持回り測定によって一挙に測定方法の問題点が解決するのではなく、そのために持回り測定結果の最終的な検討整理には、かなりの時日と補足実験なども必要な状態であった。

こうした理由から、原案作成委員会では研究的な要素を多く含んだ整理と並行して、それまでに明らかにされた実験結果と ISO 推奨案とを参考にした JIS 原案作成の作業を行なうことになった。

準備段階から数えて 22 回の委員会と、その他に何回かの小委員会での討議を重ねた結果として、現段階で妥当と考えられる JIS 原案の線に到達し、工業技術院への答申を終った。

### 3.4 JIS 制定公布まで

答申原案については、専門委員会の審議によって多少の内容的な修正を行なったのち、字句の訂正などを終って、正式に JIS A 1409「残響室法吸音率の測定

---

\*\*\*\* この持回り測定には、前記各委員のほか、委員会にオブザーバーとして参加の後藤 滋氏(横浜国大)も加わっている。

方法」として制定公布されることになった。

## 4. JIS の内容と特徴

### 4.1 規格の構成

残響室法吸音率測定方法の規格は、次の各項で構成されている。

1. 適用範囲
2. 測定装置
  - 2.1 残響室
  - 2.2 音源装置
  - 2.3 受音および記録装置
3. 測定条件
  - 3.1 測定試料
  - 3.2 測定周波数
4. 測定方法
  - 4.1 残響時間の測定方法
  - 4.2 残響室法吸音率の算出
5. 測定結果の表示と付記事項
  - 5.1 結果の表示
  - 5.2 付記事項

### 4.2 規格の内容と特徴

さきにものべたように、国内規格はできるだけ国際規格に準拠するのが望ましいことであり、この残響室法吸音率の測定方法の JIS の内容も、結果的に ISO 推奨案にかなり近いものになっている。

したがって、ここでは ISO 推奨案の規定と対比させながら、規格の内容と特徴とを示しておきたい。

#### (i) 測定装置

ここでは、残響室、音源装置、受音および記録装置が規定されている。そのうちで主要な部分を、ISO と比較してまとめると表 1 のようになる。

#### (ii) 測定条件

この項には、測定試料と測定周波数についての規定が示されている。まえと同様に ISO と比較して表 2 に示す。

#### (iii) 測定方法

ここには、残響時間の測定方法とこれから吸音率を算出する方法とを規定している。(表 3)

以上が今回制定された測定方法 JIS の大要であるが、表からも明らかなように、いくつかの点で ISO 推奨案とちがった規定を行なっている。残響室の容積基準や拡散板の設置基準、あるいは試料寸法などがその



表 1

	ISO	JIS	備考
残響室容積	180 以上* , できるだけ 200 以上とする。	150 以上*	* 規定以下の容積の場合には、低音域の測定範囲が制限される。
残響室形状		6面ないし8面体。対角線の長さの比は1~2の間にあること。	
拡散条件	十分な拡散状態がえられること。その方法として、面積0.8~2 m <sup>2</sup> の拡散板を室内にランダムに吊す。その片側面積の合計は床面積に等しいこと。	面積0.8~3 m <sup>2</sup> の拡散板を室内にランダムに吊す。* その片側面積の合計は床面積の80%程度とする。	* 他の方法で十分な拡散がえられればそれでもよい。
試料を入れないときの残響室残響時間	125, 250, 500c/s 5.0秒以上 1000c/s 4.5秒以上 2000c/s 3.5秒以上 4000c/s 2.0秒以上		
音源	1/3または1/2オクターブの帯域雑音, または震音	1/3オクターブ帯域雑音* または震音*	* フィルターはIEC規格 ** 変動回数の規定がISOと異なる。

表 2

	ISO	JIS	備考
試料	面積 10~12 m <sup>2</sup> 寸法比 0.7~1.0 床中央集中配置	面積 8.5~12 m <sup>2</sup> 寸法比 1.3~1.5 床中央集中配置*	* 試料周辺は周囲の壁面から1m以上離れていることが望ましい。
測定周波数(中心周波数)	125~4000c/s オクターブ間隔。または100~3200 c/s あるいは125~4000c/s 1/3オクターブ間隔。	125~4000c/s 1/3オクターブ間隔。	

表 3

	ISO	JIS	備考
残響時間測定の受音点		飼料面, 壁面, 拡散板および音源に近接しない3点以上をえらぶ。*	* うち1点は室のすみに充分近接した位置でもよい。
測定回数	少なくとも6回	125~200c/s 25回以上* 250~800c/s 15回以上* 1000~4000c/s 9回以上*	* この回数は、各周波数での全受音点の測定回数の和を示す。

例である。これは、さきにも述べた持回り測定の結果や、わが国における残響室容積の現状、あるいは建築モジュールなどを考慮して決められたものである。

### 5. む す び

建築音響の分野において多年の懸案となっていた残響室法吸音率の測定方法規格化がようやく実現し、

JISとして制定されるはこびとなったので、その経過と規格の概要とを紹介した。

本文の中でもくりかえしてのべたように、残響室法吸音率の測定には多くの困難な問題が含まれているので、今回のJIS制定は本格的な測定方法確立への第一歩を踏み出したところといってもよいであろう。したがって、現時点を新たな出発点として今後の規格改訂

## 残響室法吸音率測定方法の JIS

期までにさらに研究をすすめ、より完全な規格化に向けて絶えず努力を続けてゆきたい。原案作成のはじめに意図した問題のうちでも、室の拡散条件の明確な規定方法などは、結局今回の規格にとり入れることはできなかったが、今後の重要な研究課題の一つとして残されたものである。

このような意味からも、ここに紹介した規格について、各方面からの積極的かつ建設的な批判や意見が寄せられることを期待するとともに、これを機会にして本質的な問題解決のための研究がさらに活発化することを望みたい。

今回の残響室法吸音率測定方法の JIS 制定は、工業技術院当局の十分な理解と、審議に参賀された各委員ならびに、持回り測定機関関係者の長期間にわたる努力、さらに原案作成委託を受けた日本音響材料協会を

始めとする業界の協力などの結晶であり、この機会にともとその成果を喜びたい。

この解説は、委員の一人として参加した筆者がまとめたものである。できるだけ客観的に記述するように努めたが、問題の性質上筆者の私見が含まれている点はお許しいただきたい。

### 参 考 文 献

- 1) W.Waterfall: J.A.S.A. 1 (1929) 31
- 2) F.R.Watson: J.A.S.A. 6 (1934) 54
- 3) E.Meyer und A.Schoch: Akust. Zeits. 4 (1939) 51
- 4) A.Eisenber: Acustica AB 1 (1951) 109
- 5) F.G.Tyzzar and H.A.Leedy: J.A.S.A. 26 (1954) 651
- 6) C.W.Kosten: Acustica 10 (1960) 400
- 7) 子安 勝: 日本音響学会誌 23 (1967) 173