

## 諸外国の音響性能評価値 / 評価値に関する研究動向

### Ratings of Sound Insulation in Buildings in Overseas Countries - History and New Trends on Studies of Single Number Indices

子安 勝 (Masaru Koyasu)

音響工学研究所 (Acoustical Engineering Laboratory)

#### まえがき

一般に音響性能評価値というときには、建築音響の分野に限定しても非常に広い意味をもっているが、ここでは、最近話題になることの多い建築物の遮音性能（界壁の空気音遮音及び床衝撃音遮断）の評価値を対象にすることにしたい。

欧米諸国では、その住戸形式・生活様式・生活思想などを背景にして、古くから建築物特に住戸内の騒音が重要な課題になっており、建築物の遮音構造についての研究・開発が活発に行われてきた。また、これに対応して性能評価方法（評価指標・尺度・水準など）についても、これまでに多くの提案が行われ、実用されてきた。

建築物における空気音遮音の問題は、基本低には建築物の外側又は内部の負荷騒音に対して、室内外の対象点における騒音を設定した目標値以下にできるように遮音構造を選定することに帰着する。そのために、厳密な遮音設計においては、負荷騒音と達成目標値（許容値）とをもとにして、個別に遮音構造の設計を行うことが原則である。一方床衝撃音の場合には、標準化した疑似衝撃源によって下階の室などに発生する騒音が、目標値以下になるように床構造の設計を行うことが基本になる。すなわち、遮音設計・遮音性能評価の問題は、対象騒音の種類・性状・対象空間（室など）の用途に応じた騒音評価を基本にしているということになる。

特殊な建築物においては、上記の方法によって個別に遮音設計を行うのが普通であるが、住宅など一般建築物については、これは現実的な方法ではない。そのために、古くから住戸などを対象にした遮音性能の評価基準がつくられ、それに基づく各種遮音構造の標準化、資料の整備が進められている。ただし、こうした評価基準や標準遮音構造は、負荷騒音・衝撃源及び騒音許容値について、それぞれ標準値を設定して求められたものであるために、特殊な性状をもった負荷騒音・衝撃源を対象にしたり、騒音の許容値について特別な配慮を必章とする場合などには、そのまま適用することはできない。こうした場合には、個別の取り扱いに戻ることが必要であ

る。

ここでは、諸外国における遮音性能の評価方法・評価尺度の標準化についての歴史的な経過を整理するとともに、最近の国際的な動向やその背景・見通しなどを取りまとめて解説する。

#### 1. 界壁の遮音性能評価方法の歴史的経過

欧米諸国では、今世紀の初頭から住戸間の遮音が問題になっていたといわれているが、実際に界壁遮音性能の評価値の設定、遮音構造の規制などがスタートしたのは1930年頃からであるということが出来る。

##### (1) 算術平均値による遮音性能の評価

この時点で、欧米において集合住宅の界壁などの遮音性能の評価指標として使われていたのは、1/3オクターブ間隔での16個程度の周波数における音響透過損失の算術平均値であった。

これは、いわゆる単一数値による遮音性能評価指標の一つであって、簡単に算出できることが大きな特徴になっていた。

##### (2) 基準曲線による遮音性能評価のスタート

前項に示した算術平均値は、その後約20年にわたって遮音性能評価の中心として使われてきたが、評価の根拠などについて様々な議論が行われ、その結果、1950年代に入って基準曲線による評価の方法が中心的な課題になってきた。

遮音基準曲線の代表例として重要なのは、1953年にドイツで制定されたDIN 4109のなかで規定されている基準曲線である。この遮音基準曲線（図1）の周波数特性は、厚さ250mmの煉瓦壁（両面プaster仕上）の音響透過損失特性から導かれたもので、この当時のドイツにおける住宅の代表的な壁構造に対応し、遮音性能として妥当であると評価されていることから選んだものということである。

ヨーロッパ各国で採用されている基準曲線は、いずれのこのDIN曲線と同じ傾向の周波数特性をもっている。ただ図2の例にみられるように、細部についてはそれぞ

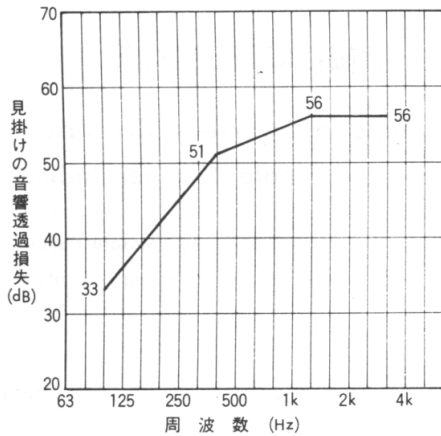


図1 DIN4109 に規定された空気音遮音の基準曲線  
縦軸の値は、建築物の現場で（側路伝播を含んで）測定された空間音圧レベル差から算出される音響透過損失。

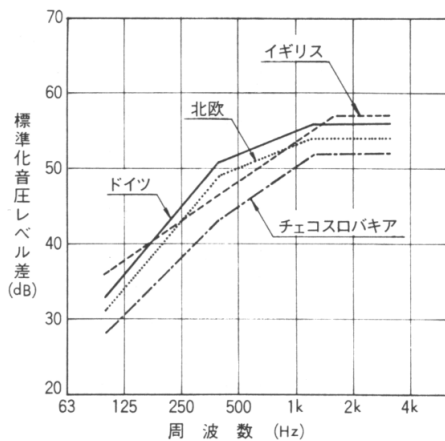


図2 ヨーロッパ各国の遮音基準曲線の例（1970年代）

れ差異がある。これは DIN の場合と同様に、各国における代表的な壁構造についての音響透過損失又は空間音圧レベル差をもとにして設定されたことによるところが大きい。例えば、イギリスでは 220mm 厚の煉瓦壁の音響透過損失特性が基準になっている。

これら各国の遮音基準曲線は、実際の壁構造についての音響透過損失や空間音圧レベル差の実測データをベースにしたものであり、いわば“経験則”によって作られたものといえる。

### (3) STC 基準曲線の設定

遮音基準曲線の設定方法としては、前項に示した方法の他に、ASTM/E413 によって規定されている STC 曲線の考え方がある。

STC 曲線は、アメリカ・カナダを中心にして使われている遮音性能評価の基準曲線であり、主要な騒音源の

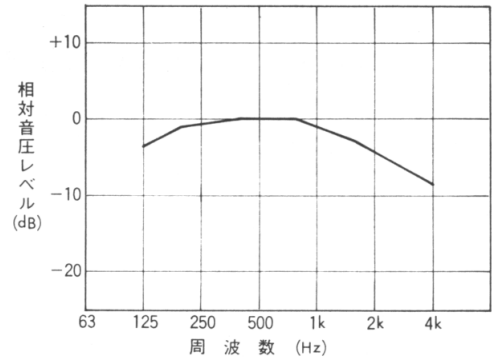


図3 STC曲線を設定するために想定された標準的な家庭内機器騒音スペクトル (T.D.Northwood)

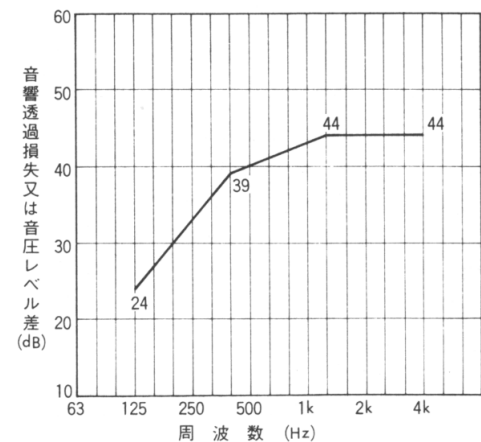


図4 STC曲線の例 (STC-40)

周波数特性を想定し、その音がある許容値以下になるように壁の遮音性能の周波数特性を設定するという考え方が基本になっている。実際に STC 曲線を決めるために、T.D.Northwood などは、発生騒音として標準的な家庭用機器騒音（図3）を想定し、これに対する受音室内の騒音の目標値を NC-25 としている。そして、これから算出した界壁の音響透過損失特性を平滑化して、図4のように STC 曲線が設定されている。

こうした考え方で設定された STC 曲線が、“経験則”に基づいて算出された DIN 曲線などを非常に類似した特性になっていることは、興味ある事実である。

### (4) その他の評価基準曲線

オランダでは、やはり 1950 年代から van den Eijk が“隣戸の”ラジオ・TVの音を対象にして、STC 曲線の場合と同様の考え方で遮音性能評価の基準曲線を提案している。この場合には、周波数領域の上・下限における遮音性能に対する要求が、DIN 曲線などほど厳しくはなかった。ただし、これは本質的な問題ではなく、その

当時のラジオ・TVの音の周波数帯域に関連したものと  
もいわれている。

#### (5) A特性音圧レベル差による評価

ヨーロッパのなかにあつて、フランスでは独自の遮音性能評価方法が1969年に制定されている。これは、特定の広帯域騒音（ピンクノイズ）についてのA特性音圧レベル差による評価方法であつて、騒音計とアナログ・フィルタが現場測定機器の主体であつた時点において、測定時間の短縮とともに結果の理解しやすさを重視したものである。

#### (6) ISOにおける規格化のスタート（ISO R717）

これまでに示したように、各国における建築構造などの特徴を背景にして、それぞれに独自の遮音性能評価尺度が使われてきた。各国の事情に応じて、その遮音性能水準に差異のあることは認められることであるが、建築の分野にも国際化の波が押し寄せるなかで、国によって評価尺度が異なることは、多くの面に不便や不都合を生ずることが避けられなくなってきた。

こうした国際的なニーズの高まりを受けて、ISOにおいて遮音性能の評価尺度・評価方法の統一・標準化をはかるための作業が始められ、さきに示したDINの遮音基準曲線を採用した評価方法が、ISO推奨規格R717として1968年に制定公布された（図5）。

## 2. 床衝撃音遮断性能評価方法の歴史的経過

床構造についても、前章に示した空気音の遮音性能が対象になることは当然であるが、それと並んで床に直接に加えられた衝撃力によって、下階などの室に発生する音がより重要な問題になることが多い。特に欧米では、住宅でも靴履きの生活が多いために、足音・椅子を動かす音・物を床に落とす音などが、住戸内での主要な騒音

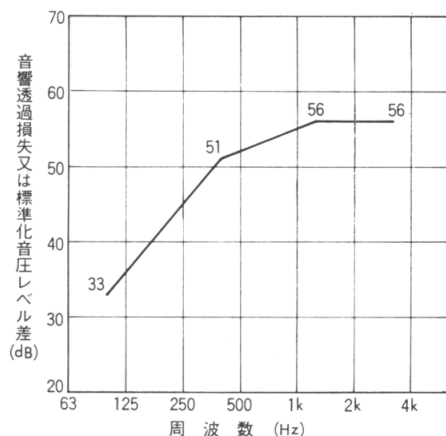


図5 ISO/R717及びISO717/1の基準曲線

として指摘されてきた。

このため、1930年代から床衝撃音の遮断についての各種研究・開発・実用化が活発に行われてきた。そのなかで、まず床衝撃音の計測・評価のための衝撃源の標準化が考えられた。

イギリス・アメリカを中心にして、各種の衝撃源が開発されてきた。1935年に発表されたNBSの衝撃源、1940年のCelotex Corp.の衝撃源などがその代表例であるが、同じ1940年に発表されたMITの衝撃源は、ハンマーの配列を除いて現行の標準タッピングマシンと同一仕様になっていた。これらの実績をもとにして1948年に作成された“ヨーロッパ規格試案”では、現行の標準タッピングマシンに完全に対応した仕様が規定されており、これがそのまま1960年代のISO R140につながった。

この標準タッピングマシンは、測定の便宜から通常想定される歩行などによる衝撃よりも大幅に大きな衝撃力を生ずるので、その当時から実際の衝撃のシミュレーションとしての妥当性が論議されていた。特に非線型性を持った床（仕上）構造の場合には、タッピングマシンによる測定結果が床の性能評価に不相当であることが指摘されており、さらに軽量のハンマーについての提案も行われた。

一方わが国で標準化されている重量衝撃源で想定している子供の跳びはねのような衝撃についても、ヨーロッパの一部の国ではその必要性が認められているが、衝撃力の妥当性や測定の再現性などの面から、衝撃源としてのコンセンサスを得るに至っていない。

このようにして、欧米諸国では現行の標準タッピングマシンをベースにした床衝撃音の評価が行われてきた。

#### (1) 騒音レベルによる評価

タッピングマシンの標準化に先立つ1930年代から40年代にかけて、欧米各国では衝撃によって発生した騒音レベルが床構造の評価に使われていた。ただ実験室によってタッピングマシンが異っているために、下階などの受音室の騒音レベルだけで一般的な評価を行うことは不相当であるとして、次の例のような方法が使われた：

標準床と供試床とのそれぞれについて受音室に発生した騒音レベルの差（NPL）。

供試床上下の各室における騒音レベルの差（BS）。

なおこの時点では、騒音レベルといっても現在のようにすべてA特性で重み付けをした音圧レベルに限定されていなかったもので、概念としては、むしろ音の大きさのレベル（phons）として取り扱われていたと考えてよいであろう。

#### (2) バンド音圧レベル差の算術平均値による評価

前項に示した騒音レベルの差による評価が行われていた時点で、すでに並行してオクターブバンド又は1/3オクターブバンド音圧レベルの測定が行われており、床衝撃音遮断性能の評価に対しては、周波数特性に着目することの重要性が指摘されていた。

測定されたバンド音圧レベルによって床衝撃音遮断性能を評価するために、まず前項、などの方法で各バンド音圧レベル差を算出し、その算術平均値を指標とする方法が使われていた。

### (3) 基準曲線による評価のスタート

前項の経過の一つの帰結として、界壁の遮音性能評価の場合と同様に基準曲線によって床衝撃音遮断性能を評価する考え方が導入されてきた。

ここでは、1948年の“ヨーロッパ規格試案”に規定されている標準のタッピングマシンを使ったとき、受音室における1/3オクターブバンド音圧レベル（普通には、受音室の残響時間又は等価吸音面積を基準化した値）に対して適用される基準曲線の設定が薦められた。この時点でヨーロッパ各国で使われていた床衝撃音評価の基準曲線を図6に示した。

これらの曲線は、高剛性のコンクリートスラブに代表的な仕上げを行った状態について、標準タッピングマシンによって衝撃を加えたときの受音室の音の周波数特性をもとにして設定されたものといわれている。ただ界壁の場合と同様に、全体的な傾向は似ているが、各国の基準曲線にはかなり大きな差異がみられた。

### (4) ISOにおける基準曲線の標準化（ISO R717）

このような経過のなかで、国際的な統一をはかる動きが進み、ISO 推奨規格 ISO R717 のなかで基準曲線が設定された。ここでも界壁と同様に DIN 4109 に規定された基準曲線の形がそのまま採用され、音圧レベル絶対

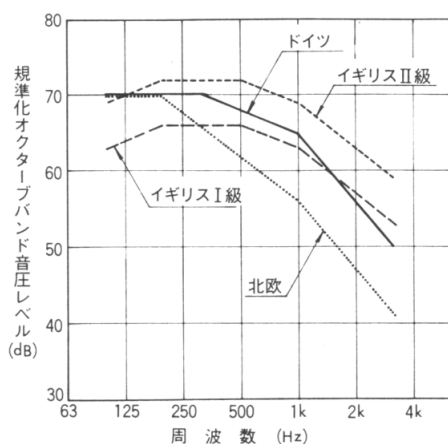


図6 ヨーロッパ各国で使われていた床衝撃音評価の基準曲線

値の見直し修正が行われた。

## 3. 遮音性能評価値の現況

### 3.1 界壁遮音性能の評価

#### (1) ISO 717/1 に規定された評価値

1968年にISOで界壁の遮音性能評価方法を標準化する段階では、全加盟国の賛成が得られなかったために、推奨規格 (Recommendation) として制定された。

ところが、当時ISOで計画されていた規格の中には、同様に推奨規格の形となるものが多く、国際規格としての拘束力が弱いためにISO自体の存在意義が疑問視されるようになっていた。こうした状況を打開するために、1970年代半ばにISO指針の改訂が行われて、全会一致でなくても正式の国際規格として制定公布できることになった。

ISO R717についても、この方針に沿った内容の見直しが行われ、1982年にISO 717/7 ~ 171/3の3つに区分した規格として制定された。このうち界壁の遮音性能評価方法に対応するのは、次の規格である：

#### ISO 717/1 建築物及び建築部材の社音性能評価、 第1部 - 空気伝播騒音

この規格でも、評価の基準曲線自体はR717に規定されていた曲線（図5）をそのまま使うことになっていたが、この基準曲線をあてはめて単一数値の評価値を算出する方法が変更された。すなわち、図7の例に示すように実際の遮音性能が基準曲線を下回る値（デシベル値）の和を測定周波数の個数（16個）で割った値が2dBになるように設定したときの基準曲線によって性能評価を

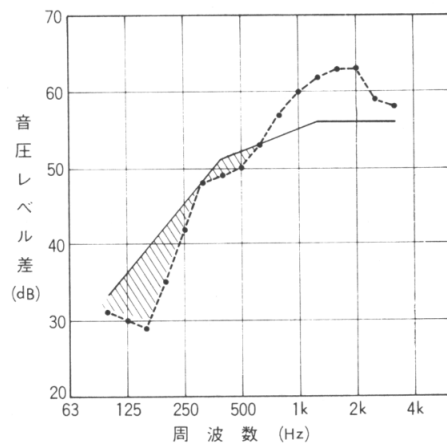


図7 ISO 717/1において基準曲線をあてはめて単一数値評価値を算出する例。

ハッチをした範囲を7周波数での基準曲線を下回る値の和が32dBになるように基準曲線が設定されている。ただし、この例では160Hzにおいて基準曲線を下回る値が10dBあるので、これを付記しなければならない。

表1 欧米各国における遮音性能評価方法

国名	周波数分析幅	中心周波数範囲 (Hz)	基準曲線	適用規格
ベルギー	1/3オクターブバンド	100 ~ 3150	NBN S01-400	NBN S01-400
デンマーク	"	100 ~ 3150	ISO	DS 2186
ドイツ (BRD)	"	100 ~ 3150	ISO	DIN 4109
フランス	オクターブバンド	125 ~ 4000	dB(A)	S 31057
オランダ	"	125 ~ 2000	(ISO)	NEN1070
イタリア	"	125 ~ 2000	(ISO)	
イギリス	1/3オクターブバンド	100 ~ 3150		
アメリカ	"	125 ~ 4000	STC	ASTM E413

行うことは同じであるが、R717 では一周波数での下回る値の最大値に 8dB の限度が設けられていたのに対して、この規格では 8dB 枠が外されており、それ以上の落ち込みがあるときには、それを付記すればよいことになった。

(2) 欧米各国における遮音性能評価値

前項に示したように ISO 規格 ISO 717/1 が制定され、各国内規格はそれと整合をとることが義務付けられたにも拘らず、欧米各国では依然としてそれぞれ独自の評価値・評価方法を使っているところが多い。各国における現行の遮音性能評価方法のいくつかを表1に示した。このなかで、基準曲線は ISO の曲線をそのまま使っているが、これをあてはめるときには前項の末尾で述べた 8dB の限度規定をそのまま残している国もある。

このように、各国の国内規格に在来の規定がそのまま使われているのは、一旦国内の法規などに規定されると簡単に変更・修正を行うことが困難であることが、主要な理由になっている。

3.2 床衝撃音遮断性能の評価

(1) ISO 717/2 による評価

前節(1)に界壁の場合について示したのと同様の経過

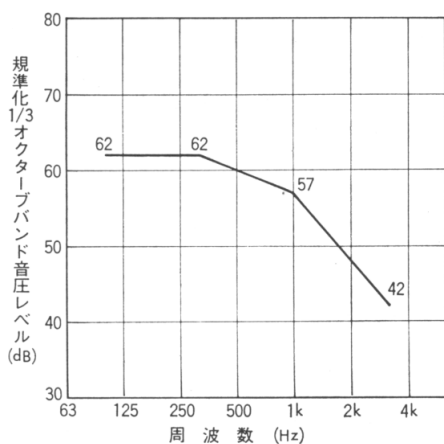


図8 ISO717/2の基準曲線

曲線の形は ISO/R717 の場合と同じであるが、縦軸の値は 1/3オクターブバンド音圧レベルに適用するために 5dB 下げられている。

で、1982年に床衝撃音遮断性能の評価方法について次の規格が制定された：

ISO 717/2 建築物及び建築部材の遮音性能評価、  
第2部 - 床衝撃音

ここでも、評価の基準曲線自体(図8)とこれをあてはめて単一数値の評価値を算出するときの基準曲線を上回る値の和についての緩和規定は R717 の規定と同じであるが、一周波数での基準曲線を上回る値の最大値についての限度(8dB)は、やはり削除された。

(2) 欧米諸国における床衝撃音遮断性能評価値

界壁の場合と同様に、床衝撃音遮断性能についても各国でそれぞれ在来の評価方法が規定されることが多く、ISOの基準曲線を採用している場合でも、一周波数において基準曲線を上回る最大値に 8dB の限度を残しているところがある。

4. 評価量についての課題と最近の動向

4.1 ISO における動向

1982年に ISO 717 が制定されたにも拘らず、多くの国における国内規格が在来の規定のままに推移していることは、重要な問題点として指摘されてきた。このために、1985年にベルリンで開催された ISO/TC43/SC2 (建築音響) の総会において、ISO加盟各国が国際的整合に努力することを前提にして、この問題の検討を始めることになった。

まず建築物の遮音性能測定方法を規定した規格 (ISO 140 シリーズ) の改訂方針を審議するためのスタディグループが設置され、その結論に基づいてすでにワーキンググループによる改訂作業が進められている。現在の予定では、1990年未までにワーキンググループによる改訂原案の作成を終ることになっている。

これに引続いて、1987年のパリ会議で ISO 717 についてのスタディグループの設置が決議され、その第1階会議が本年(1989年)9月にストックホルムで開催された。ここでは、各国における遮音性能評価値の現況について、ISO717 との関連を中心にしたコメントを各メンバーから求め、その結果を参考にして今後の進め片など

を検討することが決定された。

ただ各国における遮音性能評価値については、すでに述べたようにそれぞれに長い歴史的な背景があるので、国際的に十分な合意に達するのは容易でないと考えられる。一方ヨーロッパでは、1992年のEC統合に向かってCEN(ヨーロッパ規格委員会)が設置され、ヨーロッパ統一規格の作成が進められている。これが定常的に機能を始めると、国際規格に対するヨーロッパの発言力がこれまで以上に強くなることは間違いないことであり、ISOに対するわが国の対応にも大きな影響を与えることが考えられる。こうした意味から、一般的にいつてCENの動向に注目することが必要になっている。ただし、本文で取り扱っている遮音性能の評価方法については、ヨーロッパの中でのDIN(ドイツ)とAFNOR(フランス)で代表される決定的な意見の相違があり、その一本化自体が難航しているのが現状である。

#### 4.2 遮音性能評価値に関する研究の動向

(1) 第13回ICA(Belgrade)における構成セッション前節に示したISOの動向と関連して、去る8月にユーゴスラビアのベオグラードで開催された第13回国際音響学会議(ICA)のなかで、「遮音の単一数値指標と短時間測定方法についての最近の動向」をテーマにした特別な構成セッション(組織者:A.Moreno)が設けられ、12編の論文発表が行われた。これらの論文は、この問題についての最近の研究動向を反映したものと考えられる。その内容は、ほぼ4グループに大別されるが、詳細は省略して、以下に各論文の表題・著者名を示しておく。

グループ : 評価方法の理論・統計的取り扱い

1. 基準曲線法と周波数重み付け回路法, Moreno, A.(スペイン)
2. 基準曲線法と周波数重み付け法との間の解析的關係, Parmanen, J.(フィンランド)

グループ : 基準曲線の形状など

3. 遮音評価のための単一数値指標における周波数範囲についての考察, Walker, K.W.(アメリカ)
4. ヨーロッパ各国における住宅の遮音性能評価方

法の比較, Vian, J.P.(フランス)

5. 衝撃騒音の遮断性能評価の基準曲線をどのように変えればよいか, Josse, R.(フランス)
6. 衝撃騒音の物理評価と人間の反応との相関, Mckell, B.(イギリス)
7. 心理音響実験に基づく壁の遮音評価のための単一数値指標の比較, Koyasu, M.&Tachibana, H.(日本)

グループ : 短時間測定方法

8. 建築物の空気音遮音のISO短時間測定方法の動向, Mackenzie, R.(イギリス)
9. 空気伝搬音及び衝撃音遮音についての単一数値評価の予測, Gerretsen, E.(オランダ)
10. 空気音遮音測定についての現場での経験と短時間法の信頼性, Taibo, L.N.(アルゼンチン)

グループ : 音響コンサルタントの立場からの提言

11. コンサルタントからみた遮音評価のための単一数値指標の将来, Yergers, J.F.(アメリカ)
12. 現場での要求を達成するために必要な実験室遮音指標, Heringa, P.H.(オランダ)

#### (2) 聴感実験などによる評価値の研究

遮音性能評価値の問題は、最終的には界壁を透過した音又は上階などでの床衝撃によって発生した音に対する人間の聴感的反応 - 音の大きさ、さわがしさ、うるささなど - を的確に反映した評価指標を選定し、評価水準を設定することに帰着する。

従来から各国における評価値の設定については、それぞれ建築物の性能の実態調査、住民反応についての社会調査などの結果を参考にすることが多かった。最近では、一般的に音響の問題のなかで実験心理学に基づく研究手法が広く適用されるようになってきている。本文で取り上げた遮音性能の評価値の問題についても、実験室における聴感実験を中心にした研究によって、各種評価量の妥当性、適応性などについての基礎的な検討を行い、各国の現行規定の見直し・改定を行うことの必要性が指摘されるようになってきている。