

## 音響パワーレベル測定に関する規格\*

子安 勝\*\*  
(音響工学券研究所)

## 1. 音響パワーレベルとその重要性

## 1.1 音響パワーレベルの意味

音響パワーレベルは、一般的にはある指定された面を通して 1 秒間に通過する音のエネルギー(音響パワー)をデシベル表示したもので、次式で定義される。

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

ここで、 $P$  は対象とする音響パワー ( $W$ )、 $P_0$  は基準の音響パワー (=1pW) である。

ただ普通に音響パワーレベルというときには、機械やスピーカなどの音源から放射される全音響パワーに対応するものを意味することが多い。規格化されている音響パワーレベル測定方法は、こうした音源の性状を表示する音響パワーレベルの測定に適用されるものであり、この場合の音響パワーレベルは、厳密には“音源の音響パワーレベル”又は“音源から放射される音の音響パワーレベル”ということになる。

## 1.2 音響パワーレベルの用途と重要性

ISO/TC 43/SC 1 で、騒音源の音響パワーレベルを算出するための基本規格 (ISO 3740 シリーズ) 原案作成作業を行ったワーキンググループの主席 W.W.Lang は、音響パワーレベルデータの用途として、次の 6 項目を挙げている<sup>1)</sup>。

屋内又は屋外に設置された機械について、任意の位置における音圧レベル (騒音レベル) の予測計算をするための基礎資料

同一形状・寸法の製品から放射される騒音の比較  
異なった形状・寸法の製品から放射される騒音の比較

放射騒音の上限値の設定

機械騒音の防止に使用される建築部材の音響透過損失などの所要量の算出

低騒音機械装置を開発するときの基礎資料

こうした実用面での各種の用途に加えて、音響パワーレベルは閉空間 (室内) や屋外における音場の問題を取り扱うときにも広く使われており、音響分野における基本量の一つとして重要な位置を占めている。

欧米では、すでに 20 年以上も前から音響パワーレベルの概念が定着しており、これを発生音の実用的な評価に利用する試みが続けられてきた。関連した研究や測定方法の標準化・規格化も進められている。

これに対して、我が国では一部の分野を除いて実用面に音響パワーレベルが使われることはほとんどなかった。ただ近年になって、土木機械・OA 機器・空調ユニットなどの機械・装置類を輸出する場合に、検査規定の中で音響パワーレベルの測定・表示が義務付けられることが多くなり、音響パワーレベルの意義や重要性が各方面で認識されるようになってきた。

## 2. 音響パワーレベル測定方法の原理

表-1 は、各種の音響パワーレベル測定方法を測定原理に従って分類したものである。ここに見られるように、音響パワーレベル測定方法は、直接の測定量によって音圧法 (二乗音圧法) と音響インテンシティ法との二つに大別される。

従来、実用面で主として使われてきた音圧法は、直接に測定する音圧と音響パワーとの関係から、更に 2 種類に区分されている。その一つは、自由音場 (無響室) 又は半自由音場 (半無響室) において、音源からの直接音の音圧と音の強さとの関係を使って、音源の音響パワーを求める方法 (音圧法 I) である。もう一つの方法は、拡散音場 (残響室) 内の音圧と音場の平均音響エネルギー密度との関係から、音源の音響パワーを求める方法 (音圧法 II) である。

一方これらの方法とは別に、1980 年代に入って実用化された音響インテンシティ計測方法を利用して、音源からの放射音の強さを近傍音場内で直接に測定する方法 (SI 法) がある。これは、その算出過程から直説法ともいわれている。

\* International and national standards on the determination of the sound power levels of noise sources.

\*\* Masaru Koyasu (Acoustical Engineering Laboratory, Tokyo, 160)

### 3. ISO 3740 シリーズ制定の経緯と今後の動向

#### 3.1 規格制定の経緯と構成

欧米諸国において音響パワーレベルが実用面にまで普及してくると、国際的に測定方法の統一・標準化を図ることが強く要望されるようになり、1970年にISO/TC 43/SC 1の中に、WG 6(機械・装置類から放射される騒音の測定方法規格の原案作成作業不ループ)が設置された。

このWGでは、各種の機械・装置などに共通したパワーレベル測定方法を規定する通則的(基本)規格作成の作業が始められた。その結果、“騒音源の音響パワーレベル測定方法”という共通名称で、以下の8種類の基本規格原案が作成され、1975年から約10年間に順次ISO規格として制定・公布された。

- ISO 3740 基本規格の仕様と騒音試験規定作成の指針
- ISO 3741 残響室における広帯域騒音源についての精密測定方法
- ISO 3742 残響室における離散周波数成分及び狭帯域成分を持つ騒音源についての精密測定方法
- ISO 3743 特殊残響試験室における実用的測定方法
- ISO 3744 反射面上の自由音場条件における実用的測定方法
- ISO 3745 無響室又は半無響室における精密測定方法
- ISO 3746 簡易測定方法
- ISO 3747 基準音源を用いる簡易測定方法

このISO 3740シリーズの内容については、すでにしばしば紹介されているので<sup>2)</sup>、必要な場合にはこれらの解説を参照されたい。

ISO 3740シリーズは、測定対象音源の種類(発生騒音の性状)、測定環境(実験室の種類、現場の条件など)、算出量及び測定精度などによって区分されており、実際の音響パワーレベル測定にあたっては、これらの条件からみて適応する方法を選定するようになっている。

なお、ISOでは、個別の機械・装置の設置条件や運転条件に騒音の発生に関連する特徴があるときには、この基本規格3740シリーズを補足する個別規格を作成することになっている。これまでに、建設機械・回転電気機械・計算機及び事務機械などを対象にした個別規格がつけられている。

#### 3.2 今後の動向 - 3740 シリーズ改正作業

ISO 3740シリーズは、1975年に最初の規格(3741及び3742)が制定されてから、すでに10年以上を経過している。この間における音響技術の進歩は著しく、また各国における規格の使用実績を背景にして、このシリーズ全般にわたっての見直し・改正を望む声が強くなってきた。インターノイズ86(1986年7月、米国ケンブリッジ)では、「ISO 3740シリーズについての各国の経験」をテーマとする特別セッションが設けられ、3740シリーズ改正の要点について活発な論議・集約が行われた。

こうした動向の中で、1986年9月にはISO/TC 43/SC 1のスタディグループHの会議が開催され、3740シリーズ改正の基本方針についての審議が行われ、SC1総会に提出する勧告の作成が行われた<sup>3)</sup>。ここでとりまとめられた二乗音圧法による音響パワーレベル測定方法の構成案は表-2のとおりで、現行3740シリーズの各規格の統合・分離・補完を行って新体系を構成することになっている。

このスタディグループの勧告を受けて、1987年5月のISO/TC 43/SC 1総会でISO 3740シリーズ改正のためのワーキンググループWG 28の設置が決議され、すでに具体的な改正原案作成の作業が進められている。ただ膨大な規格体系であるために、全体の見直しの完了までには数年の期間を必要とするものと予測されている。

### 4. JIS Z 8732, 8733, 8734 の制定

はじめに述べたように、我が国でも音響パワーレベルの重要性に対する理解が進み、実際に機械・装置などに

表-1 原理で分類した音響パワーレベル測定方法の種類

測定方法		測定場所	測定原理
音 圧 法	音圧法 -	自由音場法	無響室
		半自由音場法	半無響室
		準半自由音場法	大きい室, 屋外など
	音圧法 -	拡散音場法	残響室
		準拡散音場法	残響の長い 一般の室
音響インテンシティ法		無響室 半無響室 一般音場	音源を囲む閉曲面上の音の強さを直接測定し、これを面全体に積分して音響パワーを算出する。

表-2 ISO 3740シリーズ改正のための規格構成案

精度	測定環境		パワーレベル 算出方法*	現行 ISO規格
精密	実験室	無響室	D	3745
		残響室	D	3741, 3742
実用	実験室	半無響室	D	3744, 3745
		残響室	D, C	
実用	現場	準半自由音場	D	3744
		準拡散音場	D, C	
近似	現場			3746, 3747

\*D: 直説法, C: 比較法

ついでに制定の機会が多くなるに従って、特に産業界を中心にして測定方法の標準化が要望されるようになっていた。こうして、1984年かr日本音響学会に設置されたJIS原案調査作成委員会で、音響パワーレベル測定方法の通則的規格の原案作成作業が始められた。

委員会における規格原案の作成にあたっては、対応するISO 3740シリーズの規定を尊重し、できるだけそれとの整合をとることを基本方針とした。ただISO規格には、規定上の不備や表現の不適切な個所があり、特に制定後かなりの期間が経過しているもので、その間における研究・技術面の発展を反映させるとともに、産業界など実務面からの要請についての十分は配慮が行われた。

その結果として、3年間に渡って三つの規格原案が作成され、1988年3月までに下記の3規格が制定・公布されている。

- JIS Z 8732 無響室又は半無響室における音響パワーレベル測定方法
- JIS Z 8733 一般の音場における音響パワーレベル測定方法
- JIS Z 8734 残響室における音響パワーレベル測定方法

これらの規格の内容については、すでに多くの解説が行われているので、これらの解説又はそれぞれのJIS規格票の解説を参照されたい。ここでは、JIS規格体系で特に追加又は修正を行った主要な事項を、以下に列記しておく。

- (1) 無響室・半無響室の音場(逆二乗特性)の検査方法がより具体的に規定されている。
- (2) 実用面で重要な一般の音場における測定方法で規定されている3種類の測定方法、及び測定手順の複雑な残響室における測定方法については、規格票の解説にフローチャートがつけられている。
- (3) ある程度の残響のある通常の室内での測定方法として、簡易拡散音場法が追加された。
- (4) ISOの簡易法ではA特性音響パワーレベルのみを算出するのに対して、ここでの2種類の簡易法

(半自由音場法: 拡散音場法)では、オクターブバンド音響パワーレベルの算出を基本とし、必要があるときに、これからA特性音響パワーレベルを算出することになっている。

- (5) 前項に関連して、簡易法の精度向上が図られている。
- (6) ISOでは、放射音の周波数特性に応じて二つの規格に区分されている残響室による測定方法を1規格に統合し、測定条件選定の便宜・確実性の向上が図られている。
- (7) 残響室による測定方法に表面音圧方が追加されている。
- (8) 残響室による測定方法で、室内の温度及び相対湿度の変化の残響時間に対する影響の補正方法が、明確に規定されている。

### 5. 音響インテンシティ法によるパワーレベル測定方法の規格化

#### 5.1 音響インテンシティ法の特徴

音響インテンシティ法による音響パワーレベル測定方法の原理と特徴については、すでに本誌にかなり詳細な解説があるが、在来の音圧法に比べた主要な特徴を要約して、以下に示す。

##### 5.1.1 近距離音場での測定

音圧法では、直接の測定量である音圧から音響パワーを算出するときの基本的な仮定が成り立つようにするために、音圧測定点を音源から十分に離れた位置に設定しなければならない。現場で他の機械などがあるときには、この条件を満足する音圧測定点を選ぶことができなかつたり、他の機械などからの騒音によって、対象音源からの音圧測定が難しくなつたりすることが多い。

これに対して、音響インテンシティ法は直接に音の強さを測定するので、原理的には測定点を音源にごく接近して設定することが可能であつて、音圧法の様々な難点を除去することに役立つ。

##### 5.1.2 部分音響パワーの測定

複雑な構成の音源・大型機械などで、部位・部品ごとの発生音の寄与を正確に把握することは、有効な音源対策を行うときに重要である。これに対しては、音響インテンシティ法を適用して音源からの部分的な音響パワー、部位別音響パワーを算出することが役立つ。

##### 5.1.3 暗騒音・反射音の影響の低減

測定閉曲面の外側にある他の音源から閉曲面のある部分を通して入ってきた音は、再び閉曲面を通して外に出る。このとき、外部音源からの音(暗騒音)が定常音であれば、閉曲面全体についての音響インテンシティを積分するときに打ち消され、算出された音響パワーは、原理的に閉曲面内部の対象音源からの音響パワーを与え

ることになる。

これは、実用的な意味で音響インテンシティ法の最大の特徴であり、機械などが設置されている現場でも、高い精度で音響パワーレベル測定を行うことのできる重要な根拠になっている<sup>9)</sup>。

## 5.2 規格化の動向

音響インテンシティ法による音響パワーレベル測定方法は、前項に示したような特徴を持っているために、音圧法と並んで実用化が急速に進んできた。これに対応して、測定方法の規格化が強く望まれるようになり、現在国際規格 (ISO) の他に ANSI (アメリカ規格)、NORD TEST (北欧規格) などで、それぞれ規格案の作成が進められている。

ISO/TC 43/SC 1 では、1983年12月にワーキンググループ WG 25 が設置され、国際規格案の作成が始められた。この規格は、特に実用面での緊急性が高いということから、精力的な作業が行われてきた。WGにおいて特に討議の中心になったのは、測定条件の判定・整備を行うための field indicator の取り扱いであり、実用面では測定閉曲面上での音響インテンシティ測定方法 (離散的な固定測定点法又は掃引法) の選択であった。実用性を重視する立場から、掃引法に対する強い要望があるが、第1段階の規格化として固定測定点法を先行させることとし、次の規格原案がまとめられている。

ISO/DP 9614 音響 - 離散測定点における音響インテンシティ測定を使った騒音源の音響パワーレベルの算出

そして、WGでは次の段階として、掃引法による音響パワーレベル測定方法の規格原案作成作業が始められている。

## 6. む す び

在来の音圧法及び新しい音響インテンシティ法による

音源の音響パワーレベル測定方法について、ISO規格及びJISとしての規格化の動向を概説した。

JISでは、音圧法による測定方法通則規格の制定・公布が終わった段階であり、この中で比較法に使われる基準音源の規格化が強く望まれている。また、音響インテンシティ法についても、ISOの動向を診ながらJIS化の検討に入る段階に達していると考えられる。

また、現時点では、ISOにおける音響パワーレベル測定方法については、在来の音圧法と音響インテンシティ法との規格化が、ほぼ独立に進められている。この2種類の方法はそれぞれ得失を持っているので、今後両者を合わせて、音源の音響パワーレベル測定方法の総合的な規格体系を整備することが望まれる。

## 文 献

- 1) W.W.Land, "Methods for determining sound power levels," Proc. Inter-Noise 73, 529-534 (1973).
- 2) 例えば、子安 勝, "音響パワーレベル測定方法の動向," 騒音制御 11, 2-9 (1987).
- 3) 子安 勝, "ISO/TC 43/SC 1/SG "H" (パワーレベル測定方法 ISO 3740 シリーズ改正) 会議," 音響学会誌 43, 201-202 (1987).
- 4) 鈴木昭次, 橘 秀樹, "「無響室又は半無響室における音響パワーレベル測定方法」JIS原案について," 音響学会誌 41, 546-555 (1985); 子安 勝, 鈴木昭次, 橘 秀樹, "「一般の音場における音響パワーレベル測定方法」JIS原案について," 音響学会誌 42, 643-659 (1986); 子安 勝, 鈴木昭次, 橘 秀樹, 今井章久, 東山三樹夫, "「残響室における音響パワーレベル測定方法」JIS原案について," 音響学会誌 43, 587-605 (1987).
- 5) 子安 勝, "音響インテンシティ法による音響パワーレベル測定方法," 音響学会誌 43, 960-965 (1987).
- 6) 境 友昭, 西ヶ谷忠明, 子安 勝, "音響インテンシティによる建設機械の音響パワーレベルの測定," 音構論集, 499-500 (1988.3).