

音響パワーレベル測定方法規格化の動向*

子安 勝**
(音響工学研究所)

1. まえがき JIS 制定の背景

音響パワーレベル(以下パワーレベルという)は、次のように定義されている:

“音源から放射される全音響パワーを基準の音響パワーで除した値の常用対数の 10 倍。基準の音響パワーは 。単位はデシベル, 単位記号は 。”

音源の設置位置などによって放射インピーダンスが変化する問題を除けば、パワーレベルは一義的に決まるものであり、各種音源の性状を表示する基本料として、重要な位置を占めている。さらに、屋外あるいは室内における音の伝播を取り扱う理論、計算式のなかには、音源のパワーレベルから出発しているものが多い。

特に機械類から発生する騒音のパワーレベルは、

- 1) 機械に適用される防止技術によって得られる騒音低減効果の評価,
- 2) 機械の発注、検収のための騒音仕様,
- 3) 騒音予測のための基礎資料,

など多くの用途をもっている。

欧米諸国では、かなり以前からパワーレベルの概念が実務面にも定着しており、測定方法の規格も整備されている。まず ISO (国際標準化機構) では、1970 年から騒音源のパワーレベル測定のための基本規格作成作業が始められ、これまでに一連の規格制定を終わっている。そしてこれを基礎にして、個別機械のパワーレベル測定方法の規格化が進められている。さらに、これら国際規格に対応して、ANSI, DIN などの各国内規格や EC 規格、業界団体規格などが制定されている。すでに、我が国からの輸出機械についても、土木機械、コンプレッサ、計算機などの検収に、これらの規定が適用される例が多くなっている。

一方我が国では、機械などの騒音の表示には、所定の位置における騒音レベルあるいは音圧レベルを使うことが普通になっている。これは、従来の JIS Z 8731 (騒音レベル測定方法) の規定をベースにしたものであって、一部を除いて実用面にパワーレベルが使われることは少

ない。ただ輸出機械の検査規定との関係や、はじめに述べたパワーレベルの特徴や用途を反映して、その測定が具体的な課題として取り上げられるようになってきている。

特に、1983 年の JIS Z 8731 の大幅改正によって、この規格の適用範囲が環境騒音の測定に限定され、旧規格にあった音源の測定に関する条項が削除されたために、これに代わる音源の騒音測定方法についての基本的な規格を新規制定することが、強い要望になってきた。

こうしたなかで、日本規格協会から日本音響学会に対して、昭和 59 年度に「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」についての JIS 原案作成の依頼が行われ、本年 3 月に規格原案が提出された。作成された JIS 原案の内容については、近く本誌上で紹介されることになっているので、ここではその前提として、パワーレベル測定方法についての海外の動向、JIS 原案作成の基本的な方針、展望などをまとめておく。

2. ISO 規格の構成

2.1 規格審議の経過

ISO/TC 43/SC 1 (第 43 技術委員会第 1 (騒音) 小委員会) のなかに、機械・装置から放射される騒音の測定方法をテーマにした作業グループとして、WG 6 (主査 W.Lang, アメリカ IBM) が作られたのは、1970 年であった。

この WG では、騒音源からの放射騒音の表示にはパワーレベルが適当であるとの立場から、各種機械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)規格の作成作業を始めた。W.Lang (主査) のほか、G. Maling, Jr. (アメリカ IBM), H. Hubner (ドイツ Siemens), P. Francois (フランス EDF) の各氏を中心に、精力的に規格原案の作成作業が進められた。その結果、次節で述べる ISO 3740 ~ 3748 の 9 種類の基本規格と、これに関連した基準音源についての規格 (ISO 6926) との原案作成を終わり、1980 年シドニーで開催された TC 43/SC 1 本会議において、WG の解散が決議された[†]。ここで作成された規格原案については、ISO に

* Standardization for the method of measurement of sound power level.

** Masaru Koyasu (Acoustical Engineering Laboratory)

† この WG では、上記各規格のほかにラベリングのための表示方法、騒音源の音圧レベル測定方法などについても討議が行われた。

表-1 パワーレベル測定のための ISO 基本規格の構成一覧表

規格番号	精度	測定環境	音源条件	平均音圧レベル測定	パワーレベル算出	算出量	備考												
3741	精密級	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">試験室</th> </tr> <tr> <th>最低面積数 (Hz)</th> <th>最小容積 (m³)</th> </tr> <tr> <td>100</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>70</td> </tr> </table>	試験室		最低面積数 (Hz)	最小容積 (m ³)	100	200	125	150	160	100	200	70	a) 寸法: 室容積の1%以下 b) 定常・広帯域騒音	マイクロホン位置 a) 移動距離3m以上 b) 固定3点以上	a) 直接法 $L_{pA} = L_p - 10 \log \frac{T}{T_0} + 10 \log \frac{V}{V_0}$ $+ 10 \log \left(1 + \frac{S_1}{8V} \right) - 10 \log \left(\frac{B}{1000} \right) - 14$ b) 置換法 $L_{pA} = L_p + (L_{ref} - L_{p1})$	1/3 オクターブバンド デバイスレベル オクターブバンド デバイスレベル	
	試験室																		
最低面積数 (Hz)	最小容積 (m ³)																		
100	200																		
125	150																		
160	100																		
200	70																		
3742	同上		a) 寸法: 同上 b) 定常・純音性又は狭帯域騒音	予測測定で求めた標準偏差 に基づいて、音源、マイクロ ホン位置の数を決定															
3743	実用級	特殊試験試験室 容積 ≥ 70 m ³	a) 寸法: 同上 b) 定常・広帯域、狭帯域 又は純音性騒音	3742 に準ずる	a) 直接法 $L_{pA} = L_p - 10 \log \frac{T}{T_0} + 10 \log \frac{V}{V_0} - 13$ b) 置換法 $L_{pA} = L_p + (L_{ref} - L_{p1})$	A特性修正パワーレ ベル オクターブバンド デバイスレベル													
3744	同上	a) 反射面上の自由音場条 件を与える実験室 b) 屋外の平坦地域 c) 拡散音の源が直接音 にくらべて小さい室	a) 寸法: 1辺15m以下 b) 定常及び非定常で、広 帯域・狭帯域・純音性騒 音	マイクロホン位置 a) 球面上 b) 直方体面上 c) 直方体・球面合成面上	$L_{pA} = (L_p - K) + 10 \log \frac{S}{S_0}$ K: 環境補正	A特性修正パワーレ ベル オクターブバンド デバイスレベル 1/3 オクターブバンド デバイスレベル													
3745	精密級	無響室又は半無響室	a) 寸法: 室容積の0.5% 以下 b) 定常及び非定常で、広 帯域・狭帯域・純音性騒 音	球面(無響室)、半球面(半 無響室) a) 固定マイクロホン b) 移動マイクロホン	a) 自由音場 $L_{pA} = L_p + 10 \log \frac{S}{S_0} - 10 \log \frac{Z}{400}$ b) 反射面上自由音場 $L_{pA} = L_p + 10 \log \frac{S}{S_0} - 10 \log \frac{Z}{400}$														
3746	サーベイ級	屋外(平坦地)又は室内	制限なし	a) 半球面上 b) 直方体面上	$L_{pAS} = (L_{pAS} - K) + 10 \log \frac{S}{S_0}$	A特性修正パワーレ ベル													
3747	同上	制限なし	制限なし	直方体面上	$L_{pAS} = (L_{pAS} - K) + 10 \log \frac{S}{S_0}$		審議中												
3748	実用級	a) 半無響試験設備 b) 大きな室又は屋外	寸法: 小型(1m ³ 以下)	同上	$L_{pAS} = (L_{pAS} - 1) + 10 \log \frac{S}{S_0}$		審議中												

表-2 パワーレベル測定精度 (標準偏差の最大値 dB)

規格番号	オクターブバンド (Hz)						A 特性
	オクターブバンド (Hz)	100 ~ 160	200 ~ 315	400 ~ 630	800 ~ 5,000	6,300 ~ 10,000	
3741 3742		3	2	1.5		3	
3743		5	3	2		3	2
3744		3	2		1.5	2.5	2
3745	無響室	1	1		0.5	1	
	半無響室	1.5	1.5		1	1.5	
3746							5
3747							5
3748							2

おける所定の手続きを経て、1975 年以降順次 ISO 規格として制定、公布されている。

すでに述べたように、これら一連の規格は、パワーレベル測定方法についての通則的な基本事項を規定したものである。個別の機械ごとに、基本事項以外の規定、例えば設置条件や作動条件などを規定するための規格を必要とする場合には、上記の基本規格をベースにした個別規格を作ることになる。ISO では、TC 43 の範囲あるいは他の TC と協同で、こうした規格化作業が進められている。

2.2 基本規格の概要

「騒音源のパワーレベル決定方法」という共通名称をもった基本規格は、次の 9 種類の規格から構成されている。

- 3740 基本規格の使用と騒音試験規定作成の指針
- 3741 残響室における広帯域騒音試験についての精密測定方法
- 3742 残響室における離散周波数成分及び狭帯域成分をもつ騒音試験についての精密測定方法
- 3743 特殊残響試験室における実用的測定方法
- 3744 反射面上の自由音場条件における実用的測定方法
- 3745 無響室・半無響室における精密測定方法
- 3746 サーベイ法
- 3747+ 基準音源を用いるサーベイ法
- 3748+ 反射面上の自由音場条件における小型・無指向性音源についての実用的測定方法

これらの規格および規格案は、名称に示されるように、精度、試験環境及び騒音の性状などによって区分されており、対象となる音源の種類やデータの用途などに応じて、適当な方法を選定するようになっている。

+ 現在審議中である。

表-3 パワーレベル試験環境、精度と対応ISO規格

試験環境 精度	実 験 室				特定試験場 (屋外及び室内)	現 場 (屋外及び室内)
	残響室	無響室	半無響室	特殊残響試験室		
精密級	3741 3742	3745	3745			
実用級			3744	3743	3744 3748	3744 3748
サーベイ級						3746 3747

ここには、各規格の内容を詳細に解説するだけの紙面の余裕はないので、主要な事項についての規定、特徴などを一覧表に整理して表 -1 に示した。これらの規格によるパワーレベルの測定精度は、表 -1 で精密、実用、サーベイの 3 段階に大別されている。これはさらに表 -2 のように細分されており、測定の目的などに応じて適用する規格を選定されることが原則になる。

実際のパワーレベル測定においては、対象音源の種類、試験設備の状況などによって、適用できる測定方法も限定されることが多い。精度の面からいえば、整備された実験室（無響室、残響室など）を使うのが良いことは当然であるが、この場合には、測定対象となる機械などの寸法や、重量が、厳しい制約を受けることになる。WG 作業の初期の段階で、文書に「小型騒音源」という用語を使っていた時期であった。これは実験室での測定を念頭に置いたものであったが、実務面からのニーズに対応して、屋外や大きな室内での測定方法が加わってきた段階で、「小型」の文字が削除された今日に至っている。さらに、屋外や大きな室内での測定方法についても、特定の試験場に対象音源を設置して測定する場合と、実際に機械などを稼働している現場で測定する場合とがある。表 -3 は、試験環境及び精度と規格との対応を示したものである。基本規格の運用にあたっては、こ

の表の関係を参照することが特に重要である。

2.3 個別規格

既に述べたように、個別の機械などの設置あるいは運転条件に、騒音の発生に関連した特徴があるときには、そのパワーレベル測定について、基本規格を補足するための個別規格を作成することになっている。

この場合には、実用性からいって ISO 3744 をベースにした規格になることが多い。これまでに作成されている個別規格（審議中を含む）を、以下に列記しておく。

- 1680/1+ 回転電気機械から放射される空気伝播騒音測定のための試験規定，第1部 反射面上の自由音場条件における実用的方法
- 1680/2+ 回転電気機械から放射される空気伝播騒音測定のための試験規定，第2部 サーベイ法
- 4872 屋外用建設機械からの放射騒音の測定方法，騒音許容限度への適合決定方法
- 6393+ 土工機械から放射される空気伝播騒音の測定方法，定置試験条件
- 6395+ 土工機械から放射される空気伝播騒音の測定方法，作業サイクル・シミュレーション条件
- 7779+ 計算機と事務機械から放射される空気伝播騒音の測定方法

これらの規格のなかでは、測定対象機種を特定することによって、標準的なマイクロホン位置の数を減らした測定方法、移動作業をする土工機械についての測定面上平均音圧レベルの算出方法、プリンタの試験用印字パターンなどが規定されている。

3. JIS 規格制定の方針

3.1 海外における国内規格などの動向

欧米の各国においては、騒音制御の重点が音源対策に置かれてきたこともあって、以前からパワーレベルの概念が実務面に定着しており、データの比較などにおける信頼性確保のために、その測定方法の標準化が強く要望されてきた。

こうして、ISO におけるパワーレベル測定方法の基本規格制定に続いて、アメリカ (ANSI S 1.30 ~ S 1.38) ドイツ (DIN 45635) など、各国で国内規格が作られている。これら各国内規格は、いずれも ISO 規格をそのまま国内規格にしたり、完全翻訳したものが多く、内容的には完全に整合性のある規格になっている。

さらに、個別機械の放射騒音測定方法についても、同様の考え方で国内規格の整備が進められている。例えば計算機及び事務機械については、既に 1979 年にアメリカで騒音測定方法の規格 (ANSI S 1.29) が作られており、ヨーロッパでも ECMA (European Computer

+ 現在審議中である。

表-4 JIS原案調査作成委員会構成員名簿
(昭和60年3月現在)

区分	氏名	所属
委員長*	子安 勝	(有)音響工学研究所
小委員会委員長*	鈴木 昭次	(株)荏原製作所防音技術センター
幹事*	橘 秀樹	東京大学生産技術研究所
委員*	坂本 守正	(社)空気調和衛生工学会
"	今井 章久	武蔵工業大学
"	卯木 稔	工業技術院材料規格課
"	咲山 忠男	都立工業技術センター
"	大島 郁	(社)日本機械学会
"	大野 進一	(株)石川島防音工業
"	岡田 健	(株)日立製作所土浦工場
"	近藤 正道	建設省土木研究所
"	境 友昭	(財)日本規格協会
"	菅原 淳夫	建設省建築研究所
"	田中 洪	日本電信電話公社武蔵の電気通信研究所
"	東山三樹夫	(社)日本産業機械工業会
"	中野 有朋	三菱重工業(株)高砂研究所
"	西村 正治	工業技術院機械技術研究所
"	原田 郁	(社)日本音響コンサルタント協会
"	平野 興彦	(社)建設機械化協会建設機械化研究所
"	藤本 義二	電子技術総合研究所
"	三浦 甫	(社)日本電機工業会
"	森井 茂	(社)日本建築学会
"	安岡 正人	(財)小林理学研究所
"	山下 充康	農林水産省林業試験場
"	山脇 三平	(社)日本音響学会
事務局	後藤 健次	(社)日本音響学会

注)区分欄の*は小委員会委員を示す。

Manufactures Association)が、1981年に団体規格として ECMA-74 Standard を制定している。これらの規格については、現在 ISO で進められている国際規格 (ISO 7779) の作成作業と並行して、3者の整合性をとる形での改正が行われるはずである。

3.2 JIS 原案作成の方針

(1) 原案作成委員会の構成、運営

日本音響学会では、昭和 59 年度委託による「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 原案作成のための委員会を編成し、昭和 59 年 7 月 5 日 第 1 回委員会を開催して審議に入った。委員会の構成を表-4 に示した。

この規格は、広い意味で音響測定の基本規格の一つになるものであり、関連する分野も非常に多方面にわたっている。これら各方面の意見が規格原案に十分反映されるようにするために、関係諸学会や業界団体にも参加を要請し、総計 24 名の大規模な委員会となった。

そのため、第 1 回委員会において小委員会編成の承認を受け、委員会で審議決定された方針に従って小委員会が草案の作成作業を行い、これを委員会の審議にかけて最終的な規格原案に仕上げる方法をとった。

表-5 パワーレベル測定のためのJIS規格原案作成の今後の予定

年度†	項目	JIS名称(仮)	対応ISO規格
昭和59年度		無響室又は半無響室における測定方法	ISO 3745
第2年度		一般音場における測定方法	ISO 3744, 3748 (ISO3746,3747)
第3年度		残響室における測定方法	ISO 3741, 3742

†原案作成の委託は単年度事業として行われるので、今後の予定については、ここでは第2, 第3年度という形で表現することにした。

(2) 規格の構成

既に3.1で述べたように、欧米各国ではISO規格そのままか、あるいはその翻訳を国内規格としている例が多い。しかし我が国の場合、完全な翻訳規格にするとJISの様式に適合しない部分が多くなり、更に内容や表現についても、わが国におけるパワーレベル測定の実績や試験設備の状況からみて、検討を加える余地があると考えられた。そのために、基本的な内容はISO規格との整合を保ちながら、構成や表現を中心にしてJIS独自の形で原案を作成することにした。

また、既にしばしば述べたように、昭和59年度の委託は、無響室又は半無響室を使ったパワーレベル測定方法の規格原案の作成である。これは、精度や算出量の種類などからみて、パワーレベル測定の基本規格のなかでも特に重要な位置を占めるものであるが、表-1に示されるISO基本規格全体のなかでは、ごく一部ということになる。特に実務面からみれば、実用級の精度をもった測定方法に対するニーズが大きいと考えられる。

従って、パワーレベル測定方法のJISについても、表-1に示されるような広い範囲をカバーできる規格体系を整備することが必要になる。そして昭和59年度原案作成の段階でも、全体の規格体系とそのなかでの位置づけを明確にしておくことが望ましい。そのために、予備的な討議を行った結果、今後の規格化の予定を表-5のように設定した。ここで第2年度に予定している一般音場における測定方法は、半無響室に準じた室内や周囲の開けた屋外などでの測定を規定するものである。実務的には最も重要な規格であり、早急に規格化に着手できるようにすることを望みたい。

なお、次章に述べるように、最近注目されている音響インテンシティ技術をパワーレベル測定に適用する方法が実用化の段階に入っており、ISOでも早急な規格化を目標にした作業が進められているので、表-5の第3年度又は、それ以降のプログラムに組み込まれる可能性が大きいことを指摘しておきたい。

4. 将来への展望

4.1 音響インテンシティ計測法の応用

前述のパワーレベル測定に関する一連のISO規格あるいは規格案は、音圧測定が基礎になっている。それに対して、音の強さ(Sound Intensity)を測定する技術、いわゆる音響インテンシティ計測法がここ数年の間に急速に進歩してきた。この方法によれば、音源から放射される音響パワーを近傍音場で直接測定することが可能で、反射音や暗騒音の影響を受けにくく、試験音場の条件が大幅に緩和されるなど、パワーレベル測定の上で多くの利点が期待できる。この計測法に関しては、特に欧米を中心として研究が盛んであり、既に一部では実用化されつつある。このような背景から、1983年4月のISO/TC 43/SC 1会議(ベルリン)において、音響インテンシティ計測法によるパワーレベル測定の規格作成が決議され、直ちにワーキンググループ(WG 25)が組織された。このWGは1984年4月に第1回、同10月に第2回会合を開き、既に規格の内容の骨子の審議に入っている。また、本年4月のブタベストにおけるSC1総会の機会に第3回の会合が予定されており、欧米のメンバーを中心にして極めて活発に作業が進められている。また、これと関係をとる形で、IEC/SC 29では音響インテンシティ測定器の規格作成のための作業が開始された。なお、米国では、この測定法に関してISO規格の作成と並行してANSI規格の作成準備を進めている。このように、ISO 3740シリーズとは別に、音響インテンシティ計測法によるパワーレベル測定の規格案の作成が急速に進められており、我が国としてもなるべく早い時期から対応をとる必要があると思われる。

4.2 持回り試験

一般に測定方法についての規格制定の一つの目的は、異なった試験機関、試験設備によるデータの比較を可能にすることである。この場合に、測定方法の規定の妥当性を検証するために、同じ試験体を持ち回り、それぞれの結果を比較する方法(round robin testという)が使われることが多い。

古くから繰り返し世界各地で行われてきた残響室法吸音率の持回り試験が有名であるが試験機及び事務機械のパワーレベル測定方法についても、基準音源及びプリンタを使った持回り試験が、最近アメリカ及びヨーロッパでそれぞれ10数箇所の試験機関が参加して行われている。

今回のJIS原案作成にあたっては、最終的には、原案の規定に従った持回り試験を行うことが望ましい。ただこのためには、試験に使用する音源の種類の選定などの問題があり、表-5に示したJIS化全体計画の流れのなかで、持回り試験の具体化を図ることを期待したい。

5. む す び

昭和59年度にスタートしたパワーレベル測定方法規格化について、その背景となる海外の動向、原案作成の基本的な方針などを解説した。

従来、音源の性状表示量について、“パワーレベル、音圧レベルのいずれがよいか?”という論議は、我が国だけでなく海外でもしばしば繰り返されている。結論からいえば両者はいずれも必要なものであり、データの用途などに応じて使い分けられるものであると考えられる。ここでのパワーレベル測定方法の規格化は、パワーレベ

ルを測定することになったときの指針を与えるものであることを強調しておきたい。

このパワーレベル測定方法規格は、一般的な音響測定の重要な基盤になるものであり、今後の進め方、原案の内容などについて、各方面から積極的なご意見を寄せられることを期待する。

本文をまとめるにあたっては、原案作成小委員会委員のご意見を参考にさせていただいた。特に橘秀樹委員には、4.1節の執筆をお願いしたほか、全体に目を通していただいた。これらのご協力に感謝する。