目次へ
移動

株式会社小野測器

初めて騒音計を手にされる方へ

騒音計とは

―概要と背景―

ONO SOKKI

騒音計とは

最近、騒音に関係のある法令等で大きな変化がありました。1999年4月には「環境基本法」が、同6月には「環境影響評価法（環境アセスメント法）」が、また2000年4月には「騒音規制法」が次々と改訂ないし新設されました。さらに、1999年には騒音測定の指針となるJIS8731で等価騒音レベル（L_{eq}）を推奨するなど規格内容の大幅な見直しも行われました。こうした改訂や見直しは、益々世界的となる環境保全への取り組みやグローバル化する製品等の商取引で使用される値にたいし、国際規格との整合をはかってゆく必要性から求められてきたものです。

日本でも国際規格であるISO14000の環境影響評価システムを導入する団体、企業も多くなり、環境保全への取り組みは確実に広がっています。こうした環境保全の認識が高まる中、騒音に関してもまず現状の騒音状態を測定し、その対策を行うばかりでなく、新規計画の道路、建造物においてはその計画の段階で、また自動車や家電などあらゆる商品等ではその設計の段階で騒音を予測し騒音を出さないことへの配慮が求められるようになってきています。

ここに取り上げました「騒音計」は、簡単に騒音測定できる測定器としてますます私たちの身近なものとなるとともに、環境計量器としてその重要性を一層増してまいりました。

1997年に初版を発行した本冊子「騒音計とは」の内容もこうした背景とともに実態にそぐわなくなり、このたび全面的に見直しを行ない第2版として発行するはこびとなりました。第2版では、こうした変化を反映するとともに、騒音計を手にされた皆様が疑問に思われていることの解説を補足し、より適切な騒音測定が行えるように考慮いたしました。

本冊子が、騒音計を使いこなしてゆく上で皆様のお役に立てれば幸いです。

作成：97年1月
改訂：97年5月
改訂：00年9月

株式会社 小野測器

目次

1．音とは 4

2．騒音とは 5

3．騒音の種類 6

4．騒音の計測単位－なぜ dB という対数尺度を使用するか 7

4-1 dB という対数尺度 7
4-2 計量単位「dB」と「ホン」 について 7

5．騒音計の概要 8

5-1 騒音計とは 8
5-2 普通騒音計と精密騒音計の違いについて 8
5-3 校正について 9
5-4 型式承認と検定について 9
5-5 騒音計の測定可能範囲（リニアリティレンジ） 11
5-6 防風スクリーン 11

6．騒音計の構造 13

6-1 騒音計のブロックダイヤグラム 13
6-2 マイクロホンとプリアンプ 13
6-3 周波数補正回路（周波数の重み付け）FLAT、A、C 特性について 14
6-4 動特性（時定数回路）FAST、SLOW、IMP について 15
6-5 AC out と DC out 16
6-6 表示部 18

7．騒音計の表示値 19

7-1 音圧レベル <Sound Pressure Level> (L_p)について 19
7-2 騒音レベル <A-weighted Sound Pressure Level> (L_A)について 19
7-3 等価騒音レベル($L_{Aeq、T}$)について 20
7-4 単発騒音暴露レベル(L_{AE})について 20
7-5 時間率騒音レベル <Percentile Sound Pressure Level> (L_x)について 21
7-6 最大騒音レベル（L_{MAX}）と最小騒音レベル（L_{MIN}）について 22
7-7 1 秒間の最大値（TACT MAX）について 22
7-8 ピーク値（L_{peak}） 23

8．等価騒音レベルの測定方法　（JIS Z 8731 の概要 ） 24

8-1 はじめに 24
8-2 用語の定義 24
8-3 騒音の種類 26
8-4 測定器と校正 26
8-5 測定点 27
8-6 騒音の測定方法 28
8-7 補正 30
8-8 記録事項 30

8-9 付属書 1（規定）適正な土地利用のための音響データの収集 31
8-10 付属書 2（参考）環境騒音の表示、測定方法に関する補足事項 33
8-11 測定に影響を与える環境条件 36

9．オクターブ分析(周波数分析) 37

9-1 オクターブ分析について 37
9-2 バンド幅の計算式 38
9-3 オーバオールレベルの計算 39
9-4 オールパスとオーバオールの意味（ALLPASS、OVERALL） 40
9-5 NC（noise criteria） 41
9-6 ラウドネス解析（ラウドネス、ラウドネスレベル、シャープネス） 42

10．デシベル（dB）についての計算 45

10-1 dB の和（パワー合計値） 45
10-2 dB の平均（パワー平均値） 45
10-3 dB の差（パワー差） 46
10-4 対数計算の公式 46
10-5 等価騒音レベルの計算方法 47
10-6 時間率騒音レベルの求め方（50 回法） 47

11．騒音に関する法律 49

11-1 騒音に係る環境基準について（平成 10 年環境庁告示第 64 号） 50
11-2 騒音規制法について 53
11-3 環境影響評価法の概要 56
11-4 日本の環境騒音測定における騒音評価量のまとめ 57

12．音の物理尺度 58

12-1 音圧レベル 58
12-2 音の強さのレベル（sound intensity level） 58
12-3 音響パワーレベル（sound power level） 59
12-4 オクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベル 60

13．音の感覚尺度 62

13-1 音の大きさ（loudness） 62
13-2 音の高さ（pitch） 62
13-3 音色（timber） 62
13-4 音の大きさのレベル（loudness level） 63
13-5 騒音レベル（A-weighted sound pressure level） 64

＜参考文献・資料＞ 65

日本工業規格 （JIS） 65
国際電気標準会議(IEC)規格 65
参考文献 65
参考カタログ 65

1. 音とは

音は、音波とも呼ばれるように、毎秒340mの速さで伝わる波動現象です。我々は、空気中を伝わる波動を耳によって聞いています。この波動は、空気の圧力変動（音圧）が続けざまに生じることによって発生します。

人間が感じることのできる音（可聴音）の周波数帯域は、およそ20Hz～20kHzであり、音圧の範囲は、20μPa～20Paです。μは、「マイクロ」と読み、10^{-6}を意味する補助単位です。従って、最も大きな音と小さな音の音圧の比は、10^{6}にも及びます。また、“Pa”は、パスカルと言う圧力の単位で、1 Paは1 m^2の面積に1 N（約0.1 kg重の重量に相当）の力を加えたときの圧力に相当します。天気予報の大気圧は、その100倍の大きさのhPaという単位を使用しています。

音を耳で感じるとき、私たちは次のような音の特長から音の違いを聞き分け、判断しています。

音の高さ　：私たちが高い音、低い音といっているもので、音の周波数の違いから起こります。同じ「ア」の音声でも、高い声の「ア」と低い声の「ア」がありますが、これは、「ア」としての音の波の形は同じでも、周波数が異なるためで、周波数が高い音はかん高く、周波数の低い音は低く・重々しく聞こえます。

音の大きさ：同じ音の高さの「ア」と言う声でも、大きな声の「ア」と小さな声の「ア」があります。これは、同じ様な波形をしていても、大きな声の「ア」は振幅が大きく、小さな声の「ア」は振幅が小さいことによります。騒音計は、この音の大きさを測る測定器です。

音色・音質　：私たちは、同じ音の大きさ、同じ音の高さで弾かれている楽器の種類を聞き分けることができます。これは、楽器からでてくる音の音色や音質を聞き分けているのです。音色や音質は、現在でも十分には解明されていませんが、音の波形が微妙に異なることによるといえます。

また、音は波としての性質を持っていることから、「反射」、「透過」、「回折」といった性質を持ち、距離によって減衰します。以下に図示しましたので参考としてください。

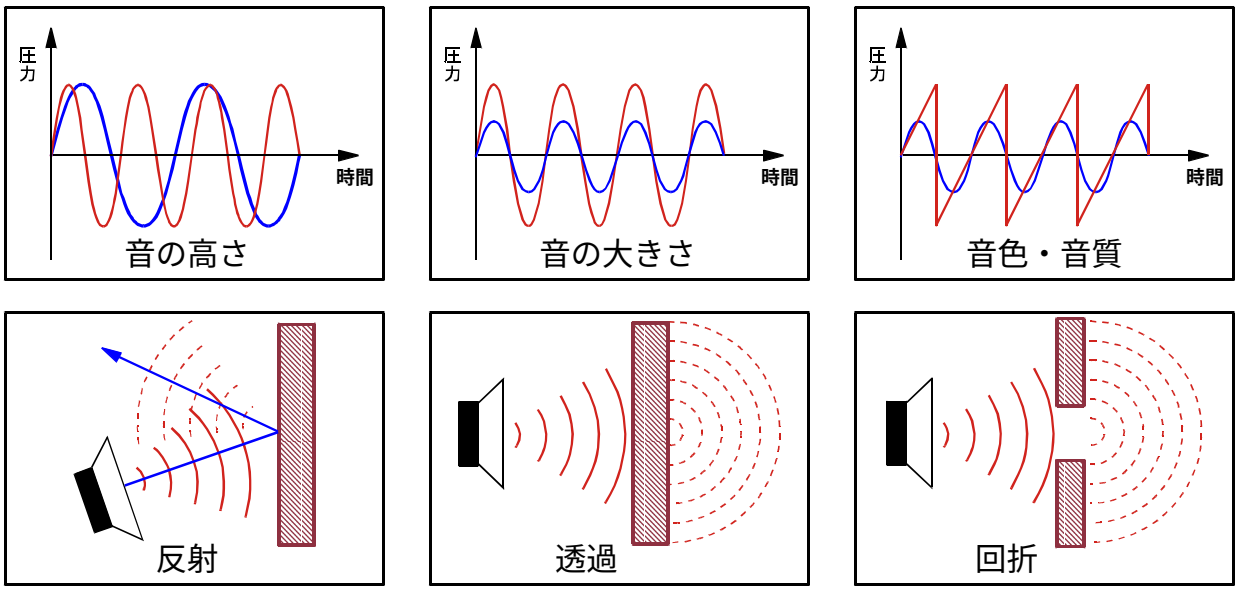


図 1-1

2. 騒音とは

騒音は音の一種で、音の中の「聞きたくない不快な音」、「邪魔な音」が騒音となります。不快を感じる音は、健康や生活環境に係わる被害を生じ、やがて公害問題に発展します。

騒音の問題においては、可聴音である20Hz～20kHzの範囲のうち、比較的耳の感度が良い200Hz～8kHzぐらいを対象とします。なお、普通の会話では、300Hz ～ 3kHz の範囲が聴取にとって重要となります。

大きな騒音の中で長時間働いていると難聴になったりしますが、こうした騒音から人の生活を保護するために法律によって騒音の規制が定められています。

騒音を測定評価する測定器として一般的に騒音計が使用されています。音を数値化して表す方法として、物理的尺度と感覚尺度があります。物理尺度としては①音圧レベル（sound pressure level）、②音の強さのレベル（sound intensity level）、音響パワーレベル（sound power level）③オクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベル、感覚尺度は第1章に述べましたが④音の大きさ（loudness）、⑤音の高さ（pitch）、⑥音色（timber）、⑦音の大きさのレベル（loudness level）、⑧騒音レベル（A－weited sound pressure level）等があり、それぞれJIS、IEC（国際電気標準会議）などで定義されています。特に感覚尺度では現在様々な評価量が研究発表され今後ますます発展する分野となっています。

環境騒音では騒音レベルを、商品開発では音響パワーレベルや1/3オクターブ分析、最近では音質尺度を測定するなど、それぞれ測定目的に適した測定項目で評価されています。これらの概要は以後の説明と重複しますが第 12 章、第 13 章にまとめましたのでご参照ください。

さて騒音計はこの中の①音圧レベル、⑧騒音レベルを測定する計器に当たり、最近の技術進歩により③オクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベルや、④音の大きさ（ラウドネス）をも測定できる機種も発売されています。

それでは騒音計についてみていきましょう。

図 2-1 は環境騒音の種類とその大きさの例を示したものです。

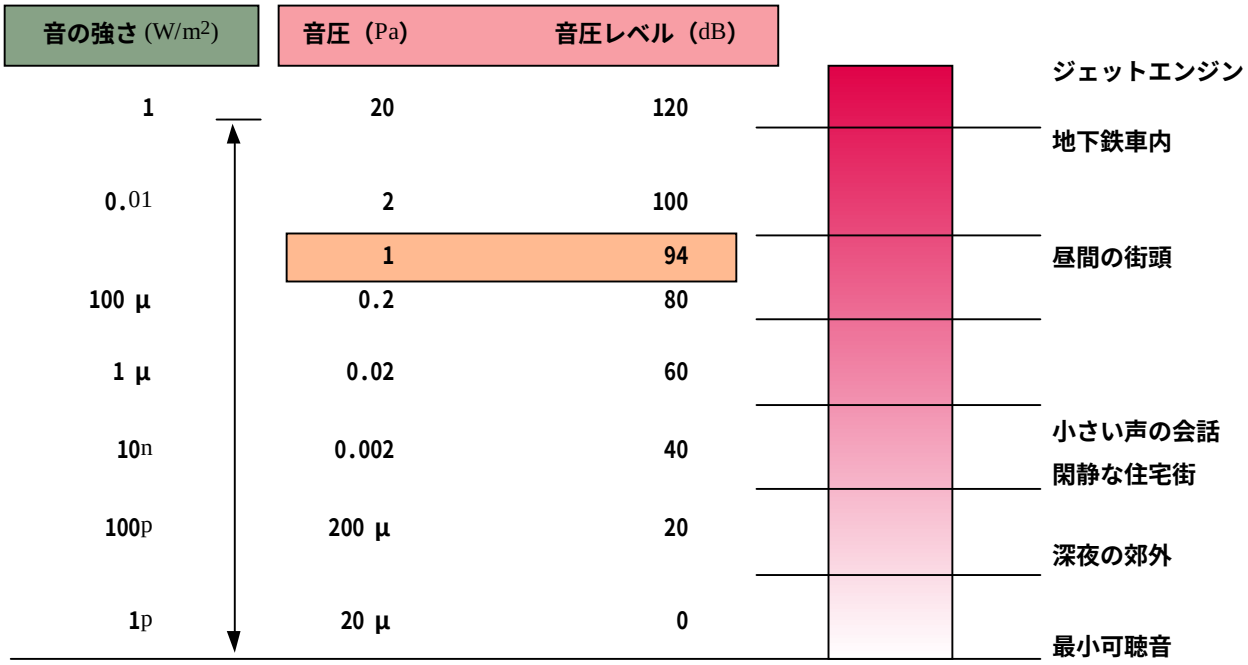


図 2-1

（注）：音の強さ（W/m²）については、12 章の用語解説を参照ください。

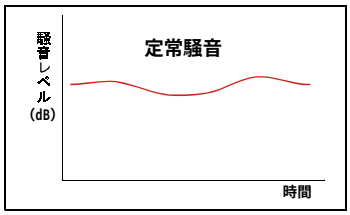
3. 騒音の種類

騒音を時間的変化で見ると、次のように分類されます。

● 定常騒音（steady noise）

測定点において、ほぼ一定レベルの騒音が連続しており、騒音計の指示値に変動が無いか、または多少変動しても変動が僅かである騒音を定常騒音といいます。

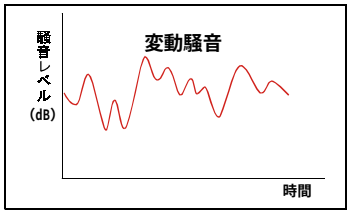
図 3-1



● 変動騒音（fluctuating noise）

測定点において、騒音レベルが不規則かつ連続的にかなりの範囲にわたって変動する騒音を変動騒音といいます。例えば、ある程度の自動車交通量を有する道路の近くで観測される騒音は、ほとんどの場合変動騒音です。

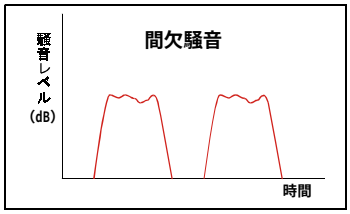
図 3-2



● 間欠騒音（intermittent noise）

ある時間間隔をおいて間欠的に発生する騒音の内、発生時毎の継続時間が数秒以上の騒音を間欠騒音といいます。一つの発生から次の発生までの時間間隔は、ほぼ一定の場合もあれば、列車や航空機の通過のように不規則な場合も有ります。

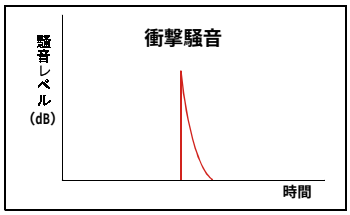
図 3-3



● 衝撃騒音（impulsive noise）

一つの騒音発生の継続時間が極めて短い騒音を衝撃騒音といいます。

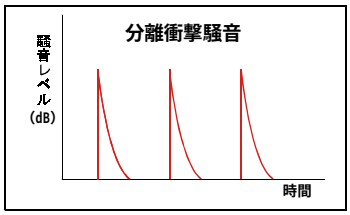
図 3-4



● 分離衝撃騒音（an isolated burst of sound energy）

例えば、パイルハンマが杭を打つときの音のように、個々の騒音が分離できる衝撃騒音を分離衝撃騒音といいます。分離衝撃騒音は、単発の場合もあり、間欠的に発生する場合も有ります。また、発生毎のレベルがほぼ一定の場合や、かなりの範囲にわたって変化する場合があります。

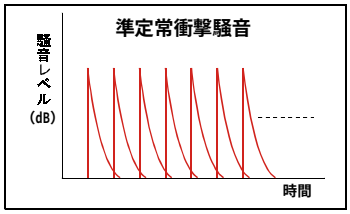
図 3-5



● 準定常衝撃騒音（quasi-steady impulsive noise）

例えば、ベルや削岩機のように、ほぼ一定レベルの衝撃音が極めて短い時間間隔で繰り返して発生する騒音を準定常衝撃騒音といいます。このような騒音は、感覚的には定常騒音として受け取られることが少なくありません。

図 3-6



4. 騒音の計測単位－なぜ dB という対数尺度を使用するか

4-1 dB という対数尺度

人間が感じることができる音（可聴音）の周波数帯域は、およそ 20Hz ～ 20kHz であり、音圧の範囲は 20 μ Pa ～ 20Pa で、最も小さな音と最も大きな音との音圧の比は 10^6 にも及ぶことを 1 章でお話ししました。一般に広範囲の変化量を効率的に表わす尺度として対数尺度が用いられますが、音圧や騒音の大きさを表わす場合にも、変化の範囲が非常に広いということからこの対数尺度が使用されます。さらに、“ 人間の感覚量は刺激量の対数に比例する ”というウェーバ・フェヒナーの法則があり、聴覚も感覚量の一つであることから対数尺度が用いられています。

対数尺度の単位としては、アメリカのアレクサンダー・グラハム・ベル（Alexander Graham Bell）が電話における電力の伝送減衰を表わすのに最初に用いたことから、ベル（B）が使用されています。なお、ベル（B）そのものでは値の変化が大きすぎる（1 ベルで 10 倍変化してしまう）ため、その 10 分の 1 であるデシベル（deci Bell ＝ dB）が実際には使用されています。

なお、音（振動）の世界では、その大きさを表わす言葉として「レベル」を使用します。「音の大きさ」とはいわないで「音のレベル」は「何 dB」のように表現されます。

先に述べたように、デシベル（dB）は電力（パワー）の伝送減衰（比率）を表わすために使用されたもので、その定義式は次のようになります。

$$10 \log_{10} \frac{E}{E_0} \qquad \text{(式 4-1)}$$

E　：測定された電力
E_0　：基準となる電力

デシベルで重要なことは、上の式からも解るように、基準となるパワーに対する比として定義されるので、常に基準が何か、注意しなければなりません。

音響分野では、音圧の 2 乗がパワーに比例するため、例えば騒音計を使用して測定する際の表示値の一つである音圧レベル L_p（dB）は次の式で与えられます。

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \qquad \text{(式 4-2)}$$

p　：測定された音圧の実効値
p_0　：基準となる音圧の実効値（20 μ Pa）
（*Pa はパスカルという圧力単位）

4-2 計量単位「dB」と「ホン」について

旧計量法では“ ホン ”という計量単位が使用されておりましたが、新計量法の制定に伴い、国際規格である ISO 規格に合わせて SI 単位である“ dB ”に移行し、非 SI 単位である“ ホン ”は「例外的に取引または証明への使用が認められるもの以外は一定の猶予期間をおいて使用を禁止する」こととなりました。

ここで言う猶予期間は、平成 9 年 9 月 30 日迄であり、それまでは“ ホン ”と“ dB ”の併用が認められておりましたが、平成 9 年 10 月 1 日以降は“ dB ”単位に統一されました。なお、“ ホン ”は“ dB（A）”に相当する騒音レベルを表す単位で、両者は単位名は違うものの同じ量を表します（例えば、90 ホンと 90dB（A）は、同じ騒音レベルを表します）。

（注）：dB（A）の A は A 特性補正を意味し、騒音レベルを表します。詳細は、7-2「騒音レベルについて」を参照下さい。

5. 騒音計の概要

5-1 騒音計とは

騒音計は騒音レベル（L_A）及び音圧レベル（L_p）を測定する計測器であり、計量法で特定計測器として指定されています。また、測定精度の違いから、JIS C 1502「普通騒音計」及び、JIS C 1505「精密騒音計」等にその規格が定められています。更にそれぞれ統計量としての時間率騒音レベル（L_x）や、等価騒音レベル（L_{eq}）、単発騒音暴露レベル（L_{AE}）などの積分量を測定する機能を持った積分形騒音計があります。

なお、騒音の種類（環境騒音、作業環境騒音、工場・交通騒音、新幹線騒音、航空騒音等）によって測定の評価方法が法律によって定められています。騒音測定は、環境評価の重要な測定項目となっています。

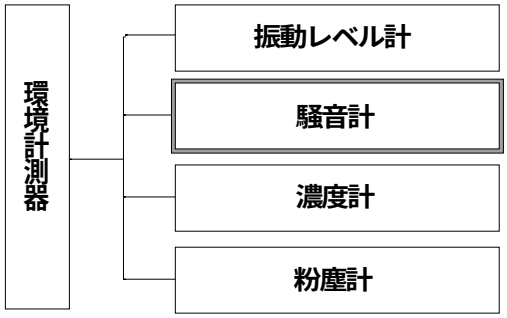


図 5-1

5-2 普通騒音計と精密騒音計の違いについて

普通騒音計は、屋外、工場、事務所などの環境騒音測定を目的とした騒音計で、現場での計測を低価格で簡単に行なうことを目的としています。対して、精密騒音計は、様々な分野の騒音研究、あるいは評価を行うユーザのあらゆる計測条件にも対応できることを目的としています。両騒音計とも、その基本仕様は計量法、JIS に基づいており、その違いは下表のようになります。

	普通騒音計		精密騒音計	
	計量法	JIS C 1502	計量法	JIS C 1505
器差 （dB）	1.5	1.0	0.7	
目盛誤差（dB）	0.2 （0.4）		0.3 （0.6）	
周波数範囲 （Hz）	20～8000 Hz		20～12500 Hz	

（注）JIS の目盛誤差：基準レンジの基準音圧の± 10dB の値、カッコ内はそれ以外

表 5-1

また、JIS は IEC[*1] との対応がはかられており、JIS C 1502 は IEC 60651-60804 Type 2 に、JIS C 1505 は IEC 60651-60804 Type 1 に相当します。

なお、測定可能な最小レベルは、騒音計の持つ自己ノイズレベル[＊2]に下表の値を足したものと規定されています。

	普通騒音計	精密騒音計
IEC [*1]	+5 dB	+5 dB
JIS	+6 dB	+8 dB

表 5-2

＊1：IEC= 国際電気標準会議

＊2：正確に測定できる最小値に相当。

5-3 校正について

マイクロフォンも含めた騒音計の校正をするためには、JIS C 1515（IEC 60942）に規定されたサウンドキャリブレータ（音響校正器）が使われます。

サウンドキャリブレータには、ピストンホンといわれている一定周期の機械振動により基準音圧を発生させる音響校正器と、圧電セラミックを振動音源とした簡易音響校正器があり、弊社ではそれぞれSC-3100、SC-2120を用意しています。SC-3100は250Hz、124dBSPL＊、SC-2120は1000Hz、94dBSPLです。測定を始めるため前に、サウンドキャリブレータの基準音圧を入力し、騒音計ではFLAT特性（L_p）で測定し、指示値が基準音圧と同じかどうか確認します。指示に差があるときは、一致するように調整用ボリュームで合わせます。差が2dB以上あるときは何らかの異常の可能性がありますのでメーカーでの点検を受けることをお勧めします。

SC-3100

SC-2120

図 5-2

また騒音計にはCALボタンがあります。これは騒音計のレベルレンジをフルスケール（100%）としてフルスケールの1/2＝－6 dBに当たる1000Hzの安定した校正信号を内部で発生し、電気回路部分の動作確認を行なう機能です。日常の簡単なチェック用に、またレベルレコーダやFFTアナライザーなど外部接続機器のキャリブレーション信号として利用されています。

＊　：SPLとはSound Pressure Levelの略で音圧レベルを意味します。

（注）：マイクロホンには高い静電圧を掛けていますので湿気による静電気の火花でマイクロホンの膜に穴を開ける危険があります。保管には必ず乾燥材を入れた騒音計ケース内に収めて下さい。

5-4 型式承認と検定について

スーパーなどで商品に何gと表示されていますが、この重さを計った秤は検定を受けたもので測定されています。取引または証明に使用する計量器については公的に担保することが求められ、計量法では「適正な計量の実施のため、計量法上の規制を課すことが必要」として「特定計量器」を指定しています。

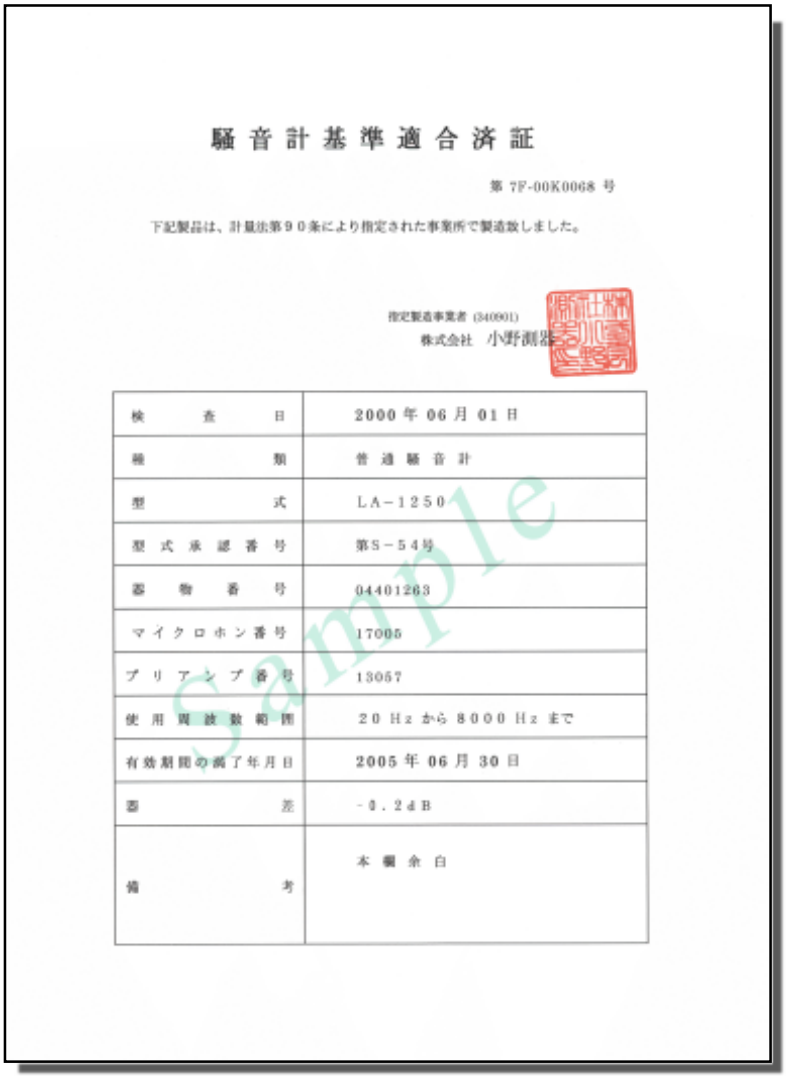
騒音計も特定計量器に指定されており、騒音レベルの値を取引や証明に用いる場合には、検定に合格し有効期限内の騒音計を用いて測定しなければなりません。この検定制度では個々の検定を簡単に行なえるようにするため、型式承認の制度が設けられています。特定の型式の騒音計に対して、基本的に重要な事項について厳密な試験をあらかじめ行なっておき、これに合格した型式については型式承認番号が与えられ、器差検査を主とする簡単な試験で検定の合否を決める制度です。弊社のLAシリーズ騒音計は型式承認を取得していますのでこの検定を受けることができます。騒音計の検定は財団法人 日本品質保証機構（JQA）で行われており、検定に合格した騒音計には有効期限5年（1998年4月より5年間に改訂）を記入した合格証が現品に貼付されます。

計量法には、新品出荷時において、優れた品質管理能力を有する製造業者についてはその製造する特定計量器に対し検定検査規則の基準に基ずく自主検査を行ない「基準適合証印」を付すことが許可され、「基準適合証印」は検定に代える事ができるという指定製造事業者制度が設けてあります。弊社はその指定を取得していますので、新品出荷品については検定を代行し合格証を貼ることができます。次ページに「基準適合証印」のサンプルを載せます。出荷後の騒音計の検定は、メーカー引取り点検調整後JQAで検定を受けます。

なお、取引や証明に関係なく使用される社内での実験や研究などでは、弊社騒音計の製造において検定の有無による差はなく性能上まったく同等ですので、無検定であっても安心して使用することができます。

（注）お客様で検定書が必要の場合、弊社営業所へお問い合わせ下さい。

図 5-3 「騒音計基準適合済証」例



騒音計基準適合済証

第 7F-00K0068 号

下記製品は、計量法第９０条により指定された事業所で製造致しました。

指定製造事業者 (340001)
株式会社 小野測器

検査日	2000 年 06 月 01 日
種類	普通騒音計
型式	LA-1250
型式承認番号	第S-54号
器物番号	04401263
マイクロホン番号	17005
プリアンプ番号	13057
使用周波数範囲	20 Hz から 8000 Hz まで
有効期間の満了年月日	2005 年 06 月 30 日
器差	-0.2dB
備考	本欄余白

Sample

【参考】:「計量法第 71 条の条件に合格した騒音計」とは

騒音関係の規制法令には、「測定は、計量法第71条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。…」の記述があります。計量法第 71 条は次の様になっています。(一部省略)

計量法第 71 条

1. 検定を行った特定計量器が次の各号に適合するときは、合格とする。
   (1) その構造(性能及び材料の性質を含む)が通商産業省令で定める技術上の基準に適合すること。
   (2) その器差が通商産業省令で定める検定公差を超えないこと。

2. 前項第1号に適合するかどうかは、通商産業省令で定める方法により定めるものとする。但し第84条(騒音計の型式承認)の表示が付された特定計量器(検定有効期限内の騒音計)は、その検定に際しては、同号の通商産業省令で定める技術上の基準に適合するものとみなす。

3. 第1項第2号に適合するかどうかは、通商産業省令で定める方法により、第102条第1項の基準器検査に合格した計量器(基準マイクロフォン)を用いて定めるものとする。

以上の条文からすると「計量法第71条に合格した騒音計」とは「検定書付き騒音計」が該当します。「検定なし騒音計」では第 71 条第 1 項 2 の検定公差に適合していることの証明書が無いため注意が必要です。

5-5 騒音計の測定可能範囲（リニアリティレンジ）

JISでは、騒音計のリニアリティレンジとして、精密騒音計では測定範囲内で±0.7dB、普通騒音計では±1dB以下と規定されています。また、測定誤差が0.7dB以内の測定範囲をリニアリティレンジと定めています。

精密騒音計のカタログ上に、例えば測定範囲レベルレンジ60 ～ 120dB、リニアリティレンジ75dBと記載があった場合、測定範囲レベルレンジ幅は60dBですが、レベルレンジの上限及び下限に対して、トータル15dBの余裕（測定値のリニアリティを保証する、測定可能マージン）を有していることになります。通常、この余裕は、レベルレンジの上限に対して10dB、下限に対して数dBです。当社精密騒音計の例を下図に掲げましたので参考として下さい。この範囲を越える過大レベルまたは過少レベルが入力された場合、ディジタル式騒音計ではオーバまたはアンダーの警告表示が現れます。警告表示がでた場合には、測定値のリニアリティが保証されませんので適切なレベルレンジを選択します。

なお、AC出力、DC出力の各電圧出力のリニアリティレンジも上記に準じます。

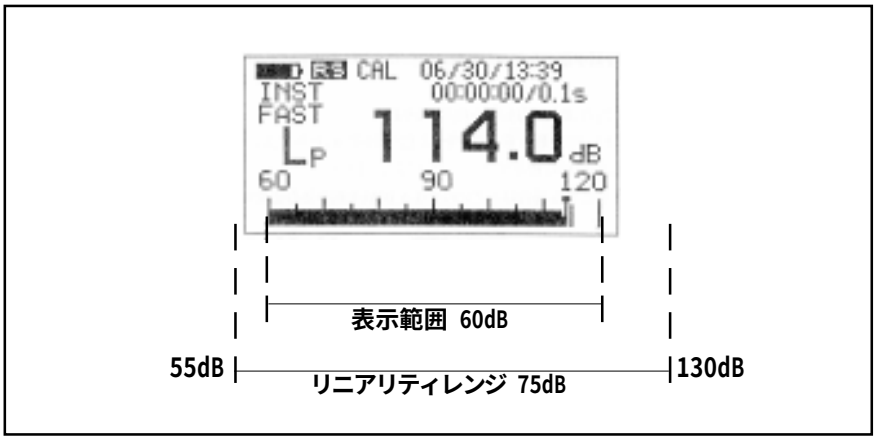


図5-4

5-6 防風スクリーン

5-6-1 防風スクリーンの必要性

防風スクリーンは、風によってマイクロホン近傍で発生する雑音を軽減するために使用されます。理想的な防風スクリーンは、マイクロホンに装着しても音響的に何らの変化を与えず、かつ大幅な風雑音の減少効果を有するものです。

一般的な防風スクリーンは、騒音測定時に容易に着脱でき、マイクロホンのチリやゴミに対する保護と物理的な衝撃の軽減が可能な一般測定用汎用型（ほとんどの場合、球状のウレタンフォーム製）と、航空機騒音や工場騒音等で長期間連続測定に使用する、風雑音の軽減効果が大きく、雨・雪などに対しても耐えられる全天候型とに大別されます。屋外での測定の際には出来るだけ防風スクリーンの装着が望まれます。

5-6-2 一般測定用防風スクリーンの性能

一般測定用防風スクリーンは、ほとんどの場合ハンディタイプの騒音計に装着します。この場合、防風スクリーンは、ある程度の風雑音減少効果を保ちながら、騒音計への着脱が容易で、かつ騒音計とのデザイン上のバランスも必要となります。

防風スクリーンの風雑音減少効果とは、マイクロホンに直接風が当たったとき、その近傍で発生する雑音レベルと、防風スクリーンをマイクロホンに装着したときに発生する雑音レベルの差で表わされます。風雑音減少効果は、防風スクリーンの大きさに左右されることが判っており、スクリーンの直径が2倍になるとほぼ6dB効果は上昇します。当社の騒音計には、そのタイプに応じ2種類の防風スクリーンの内の１種類が付属しています。LA-1200シリーズ／LA-1350／LA-4350にはφ70mmの、また、LA-2111／LA-5000シリーズにはφ90mmの防風スクリーンで、それぞれの性能は次図の通りです。屋外の環境騒音（60dB以上）を測定するならば、φ70mmのもので風速3m/s、φ90mmのもので風速5m/sぐらいまでが実用範囲です。

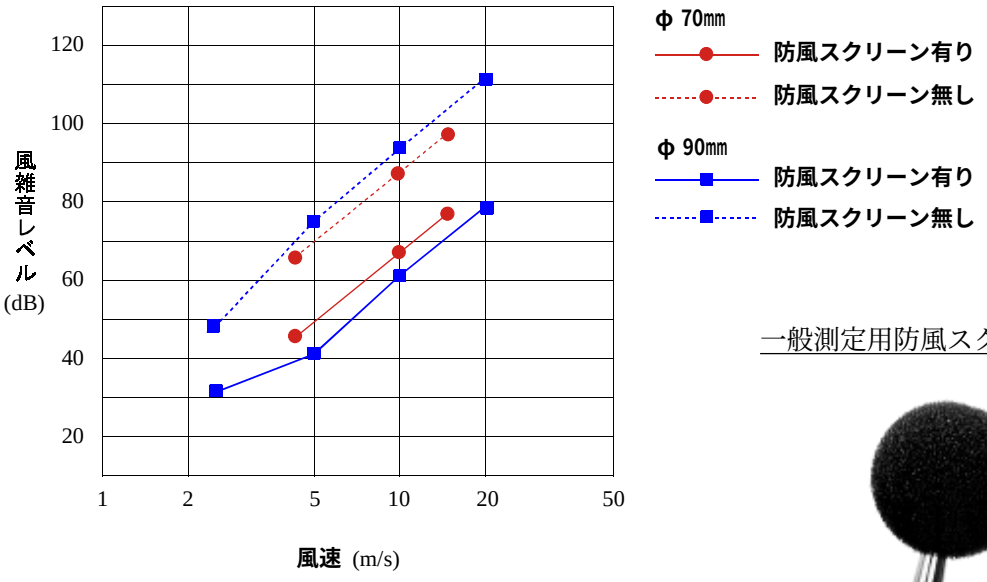


図 5-5

一般測定用防風スクリーン

図 5-6

5-6-3 全天候型防風スクリーンの使用方法

屋外の雪や雨など悪天候時の測定には、全天候型防風スクリーンのご使用をお勧めします。参考として、当社騒音計にオプションで用意されている全天候型防風スクリーンの組み立て図を下に示しました。なお、全天候型防風スクリーンをご使用になる際には、騒音計本体と切り離したマイクロホン部とを接続するための延長ケーブルが別途必要となります。

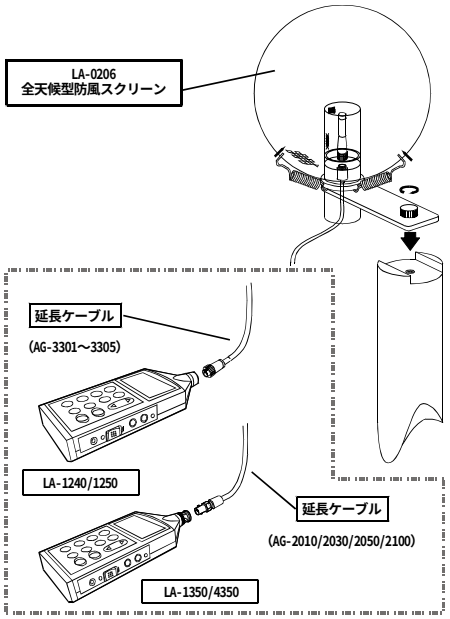


図 5-7

6. 騒音計の構造

6-1 騒音計のブロックダイヤグラム

下図は、騒音計の電気回路の構造ブロック図を示します。ブロック図中、特に、AC out、DC out の位置関係に注意下さい。騒音計を理解し、使いこなしてゆく上でこの2つの出力の違いに注目することが重要となります。

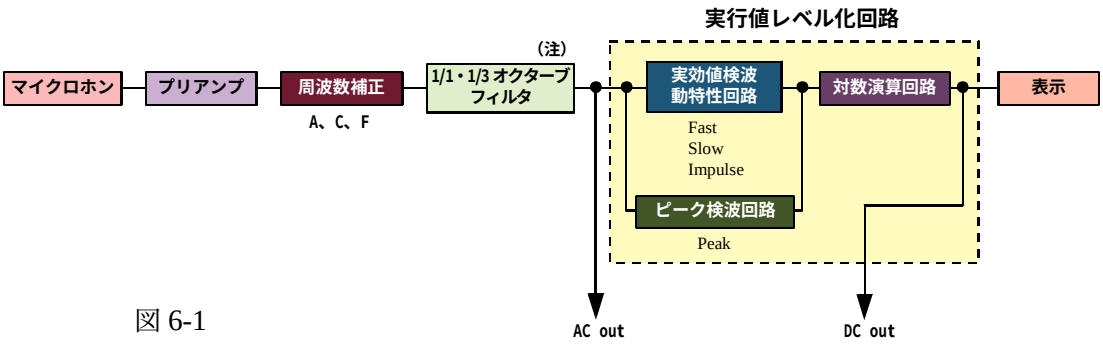


図 6-1

（注）1/1・1/3 オクターブ付騒音計以外の場合この回路はパスされます。

音・振動の世界では、○○レベルといえば、必ず、その交流信号を検波回路によって直流信号に変換したその対数値を指します。

6-2 マイクロホンとプリアンプ

高級ステレオは、小さい音から大きい音、重低音から高音域まで原音を忠実に再生します。原音を忠実に再生するためには、元となる音を正確にキャッチしなければ再生した音は元の音と違ってしまいます。この音を正確にキャッチして、電気信号に変換するのがマイクロホンであり、そのピックアップされた微細な電気信号をあるレベルまで増幅し、インピーダンス変換をするのがプリアンプです。

音は、空気密度の疎密が交互に伝わって行く波動現象であり、騒音計のマイクロホンとプリアンプはこの空気密度の疎密（音圧）に比例した電気信号に変換するセンサとして、感度の良いもの、周波数特性の良いものが要求されます。

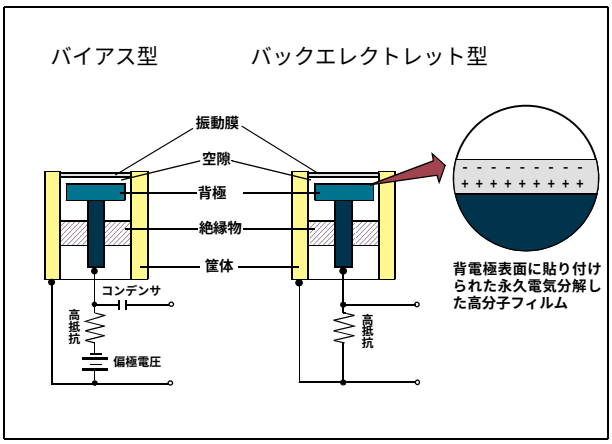


図 6-2

【参考】：

マイクロホンのタイプとしては大きく分けてコンデンサ型、ダイナミック型、セラミック型の3種類があります。騒音計には、音響的に有利な直径の小さな形状にできることや、広い周波数帯域に渡ってフラットな周波数特性を持ち、他の形式に比べ安定性が高いことからコンデンサ型が採用されています。コンデンサ型の構造を左に図示します。なお、コンデンサ型にも、バイアス型とバックエレクトレット型の2種類があり、その違いは主に振動膜に直流電圧を加えているか、電圧を加える代わりに永久電気分極した高分子フィルムを使用するかです。なお、一般的には、バイアス型の方がより高感度であるという特長があります。また、騒音計に用いられるマイクロホンは、自己ノイズや温度安定性も重要な要素となります。

6-3 周波数補正回路（周波数の重み付け）FLAT、A、C 特性について

騒音レベルという用語は日本独特の言い方で、その他の国ではA特性周波数重み付け音圧レベル（A weighted sound pressure level）と言われています。

騒音の測定には可聴周波数範囲の音圧レベルの絶対測定が必要ですが、耳の感度は周波数によって異なり、単に音圧の実効値をとっただけでは聴感的な音の大きさを表すことはできません。周波数により同じ音の大きさに聞こえる音圧レベルを表した曲線として、第9-6章の等感曲線（等ラウドネス曲線、ISO R226）があります。下図6-3のA特性は小さい音、C特性は大きい音、B特性はその中間の音の聴感として近似して作られ、過去においては音の大きさによりこの特性を使い分けて測定されてきました。その後の研究で、この特性は聴覚的な音の大きさを表すものの、騒音のうるささを表すには適しているとはいえなく、大きい音でもA特性曲線を使うほうが良いことが 明らかにされました。現在の騒音計にはB特性は無く、A特性とC特性、それに加えてより平坦な周波数特性を持つFLAT特性が装備され、特に騒音レベルの測定では常にA特性曲線を使って測定を行ない、その表示は、例えば80dBAや80dB(A)というようにdBの次にAを付して表現します。また変動する騒音は1回の測定では正確に測定できないので、後述の長時間の音響パワー平均をとる等価騒音レベルL_{eq}や、累積度数分布から求める時間率騒音レベルL_{50}が用いられます。

また、C特性（C weighted sound pressure level）は比較的平坦な周波数特性を持っているので、騒音計のAC出力を記録するときや、衝撃音（周波数帯で見ると幅が広くなる）の測定に用いられます。FLAT特性は、C特性より更に広い周波数範囲にわたり平坦な特性を持っていますので、騒音計のAC出力を利用し、周波数特性の保証されたマイクロフォン及び増幅器として、騒音計を音響センサとして使用することができます。

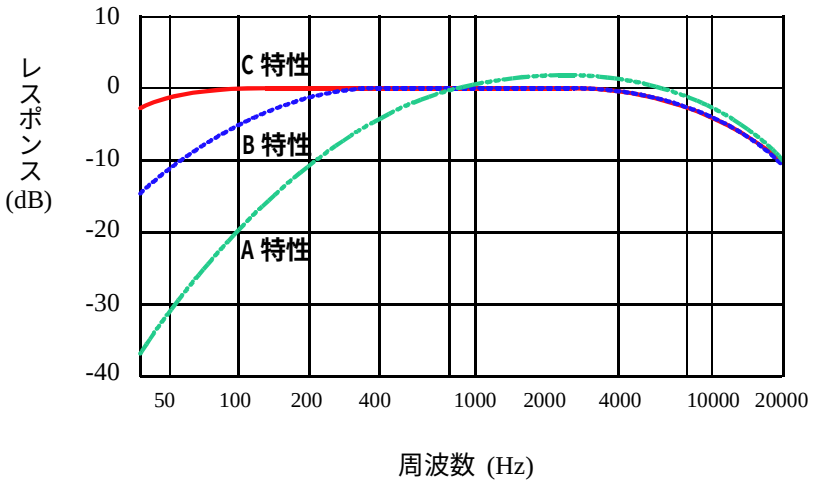


図　6-3

騒音計は騒音の瞬時値を表示していますが、古くは騒音計の指示はメーターを使用していたことから、騒音の急激な変化をメータが完全に追尾し指示することは不可能でした。そこで、騒音計は音圧絶対値や周波数の他に、指示計器としての時定数までも統一する必要があり、ISO、JISで規格化されました。しかし、人間の感覚との関係が不明確なまま規格化されたため、今後に問題が残されています。

6-4 動特性（時定数回路）FAST、SLOW、IMP について

動特性とは、指示メータ（ディジタル表示も含む）の動きに関する規定です。この動特性に関してはJIS C 1505の中に細かく記載されています。速い動特性（FAST=125ms）と遅い動特性（SLOW=1s）があり、FAST特性は耳の時間応答に近似されたもの、SLOW特性は変動する騒音の平均レベルを指示させるためのものです。通常、騒音の測定には、早い動特性（FAST）が使用されます。更に、FASTを用いても衝撃音の大きさは正しく測定できないため、このような時にはより応答速度の早いインパルス(IMPULSE=35ms< 立ち上がり >、1.5s< 立下り >)が用いられます。インパルスは現在のところ国内規格にはなく、IEC Pub 651 に規定されています。弊社の精密騒音計LAシリーズにはインパルス（IMP）および10msの時定数があり、激しく変動する音や残響時間などを測定できる機能を持っています。

なお、騒音計を使って各種の騒音レベル(L_A)を測定した時は４つのうちどの動特性を使って測定したかを明確にする必要があります。

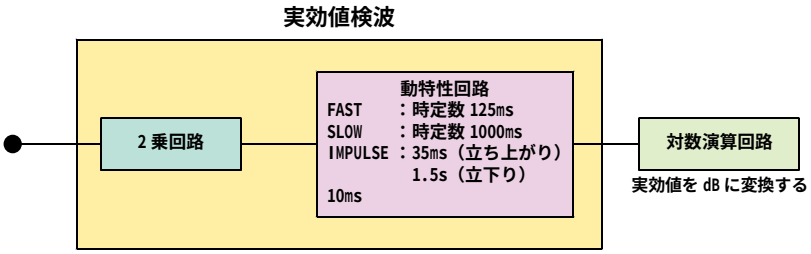


図　6-4

図6-5に時定数FASTとSLOWに1kHzのトーンバースト信号（バースト継続時間200ms、繰り返し時間3s）を入力したときのレベルの変化を示しました。

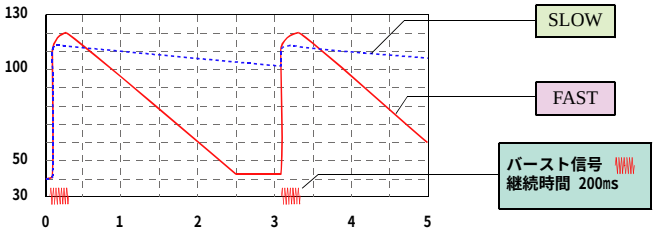


図　6-5

（1）　早い動特性（FAST）
人間の耳の時感応等に近似した値で、立ち上がり、立ち下がりの時定数は125msの値を持つ。

（2）　遅い動特性（SLOW）
変動する騒音の平均レベルを指示させるためのもので、立ち上がり、立ち下がりの時定数は1sの値を持つ。

（3）　インパルス（IMP）
衝撃音などに対応するため応答速度の速い特性で、時定数が、立ち上がり35ms、立ち下がり1.5sの値である。

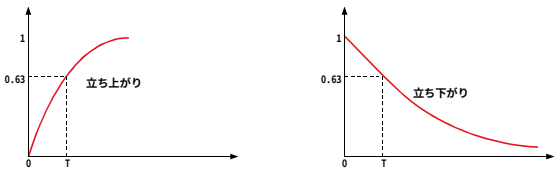


図　6-6

なお、図6-5はY軸をdB単位にとっているため、立ち上がりの違いが分かりにくくなっています。そこで、図6-7にY軸を音圧（リニアスケール）で表した図を掲げました。この図より、立ち上がり、立ち下がりの違いが分かると思います。

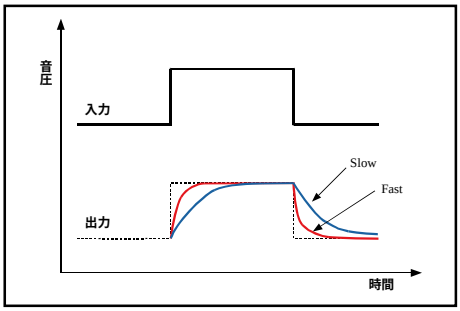


図　6-7

6-5 AC out と DC out

6-5-1 AC out

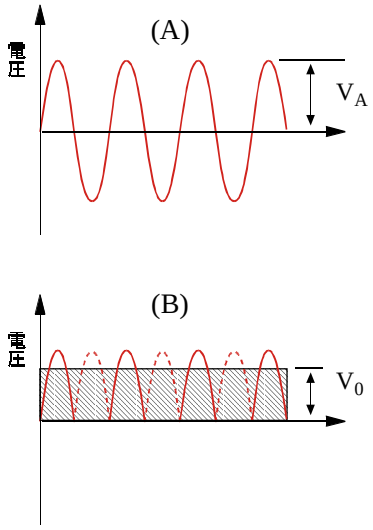
マイクロホンでとらえた空気の疎密の度合い（音圧絶対値）に比例した電気信号を出力します。この電気信号は、音の性質により、交流となります。交流とは、家庭用電源として使用されている 100VAC（周波数 50/60Hz）と同じ性質を持つもので電流の向きが交互に変化します。

この AC out は、先の図 6-1 のように、マイクロホンの信号が周波数補正回路（A、C、FLAT 特性）を通過した信号であり、主に分析機器（FFT アナライザ、リアルタイムアナライザ等）と組み合わせて音の周波数分析を行なったり、レベルレコーダと組み合せて騒音レベルを記録したりする際に利用されます。AC out は、動特性には無関係ですが、周波数補正に影響された信号になることに注意ください。

6-5-2 DC out

AC out を検波・動特性回路、対数演算回路に通して dB 単位に変換した信号で、騒音計の dB 表示値に比例した電圧信号を出力します。

電気用語で表現すると、AC out の実効値を Log（対数値）換算した値となります。



高さ V_A の（A）波形を実効値検波・動特性回路に通すと（B）波形の面積(斜線部)に相当する一定高さを求めることができます。この時に得られた高さすなわち電圧値 V_0 を（A）の波形の実効値といい、rms の文字を付して表します。（A）の波形が正弦波の場合、次の関係が成立します。

$$V_{0rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_A$$

（B）で得られた実効値 V_0rms を対数演算回路に通すと $10 \log_{10} (V_{0rms})^2$ に比例した電圧出力 DC out が得られます。（A）波形が変動していると、それに追従する DC out を得るため、追従性を表す時定数が定められています。

図 6-8

【参考】：

騒音計の AC out・DC out 電圧は機種によって異なりますが、例えば；

AC out：0.707 Vrms/ フルスケール
DC out：2.5 V/ フルスケール、0.5 V/10 dB

と記されていた場合、各値は次の意味を持っています。

- “ rms ”は実効値を意味し、交流電圧を同じ仕事をする直流電圧に変換した値です。
- “ フルスケール ”は騒音計の測定レンジの最大値を意味し、例えば、30dB～70dB の測定レンジを持つ騒音計では、フルスケールは 70dB となります。
- “ 0.707 Vrms/ フルスケール ” は、AC out と騒音計表示値との比率を表しています。例えば、50dB～90dB の測定レンジでは、次の関係となります。

表示	AC out
90dB	0.707 Vrms
84dB	$0.707 \times 10^{(84-90)/20} = 0.354$ Vrms
58dB	$0.707 \times 10^{(58-90)/20} = 0.0178$ Vrms

0.707Vrmsは、±1Vの振幅です。騒音計のCALボタンを押すと、1kHzフルスケールの-6dBに相当する信号を出力します。-6dB（=20 log 1/2）は、フルスケールの1/2ですから、CALのAC outをモニターすると、±0.5V 1kHzの正弦波になっています。

・“0.5 V/10 dB”は、DC outと騒音計の表示値との比率を表わしています。例えば、30dB～70dBの測定レンジでは、次の関係となります。

表示	DC out
70 dB	2.5 V
64 dB	2.2 V
60 dB	2.0 V
30 dB	0.5 V

30dBの時には、$2.5-0.5\times(70-30)\div 10=0.5\,(V)$となります。
リニアリティレンジが広い騒音計では、極めて小さい音のときに出力電圧がマイナスとなることもあります。DC out 、AC outとも、リニアリティレンジを越えた値は正しい値ではありませんので注意ください。

AC out信号は、音の圧力に相当する信号で、様々な周波数成分で合成された複雑な波形をもっています。騒音対策で対象とする騒音がどの様な周波数成分から成り立っているかが解ると効果的な対策を施すことができることから、AC outはFFTアナライザやリアルタイム（オクターブ）分析器の入力信号として利用されています。

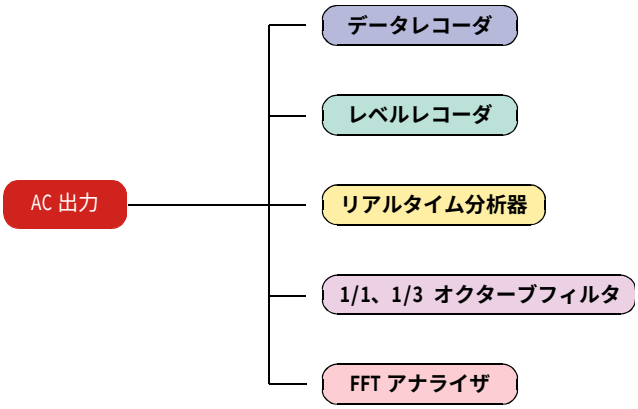


図 6-9

FFTアナライザやリアルタイム（オクターブ）分析器は、内部の信号処理により、信号を音圧レベルに変換し、周波数毎に分析した音圧レベルを表示します。

なお、AC outは音圧絶対値（音の圧力の変動値）でレベル化されていない信号ですので、AC outを使用して音圧レベルとして記録するには実効値レベル化回路を持ったレベルレコーダが必要です。一般のペンレコーダと組み合わせてデータを記録するには、DC outに接続して使用する必要があります。また、FFTアナライザの時定数は、FFTするサンプル点数、例えば2048点の時間分に相当します。

6-6 表示部

表示部は、DC out信号を騒音計で設定した測定レンジに合わせた信号処理を施し、音圧のレベルとして表示します。表示には、針の振れによってレベルを指示するアナログ式のものと、数値で、あるいは数値とバーインジケータによってレベルを示すディジタル式のものがあります。現在ではディジタル方式が主流となってきています。下図に弊社騒音計のディジタル表示画面を例として示します。

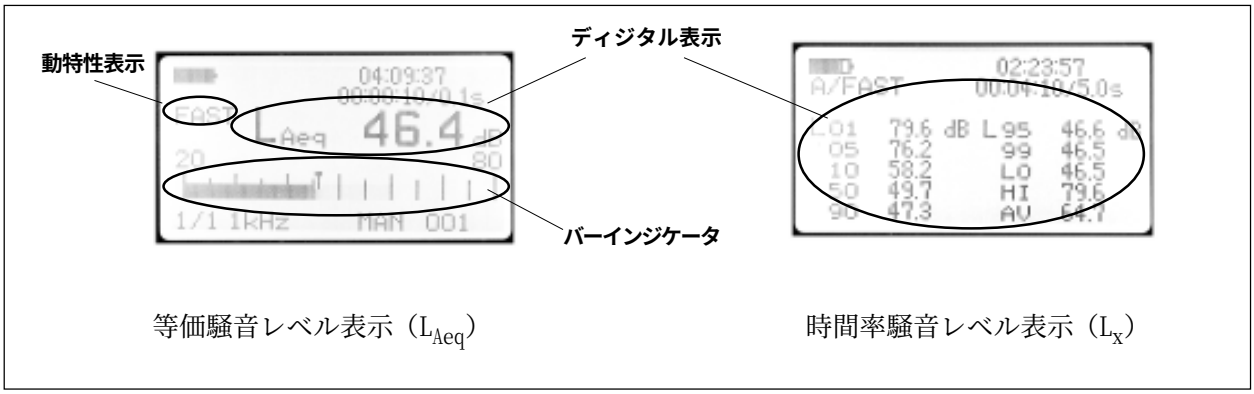


図 6-10

また、下図にディジタル表示するまでの音信号の変換の様子を簡略的に図示しましたので参考下さい。

ディジタル表示は1s毎のレベルを数値として示し、バーインジケータは100ms毎のレベルをアナログ的に示します。

なお、内部での演算を必要とする等価騒音や最大値等は、より高速でサンプリングしたデータによって計算され、その結果が表示されます。

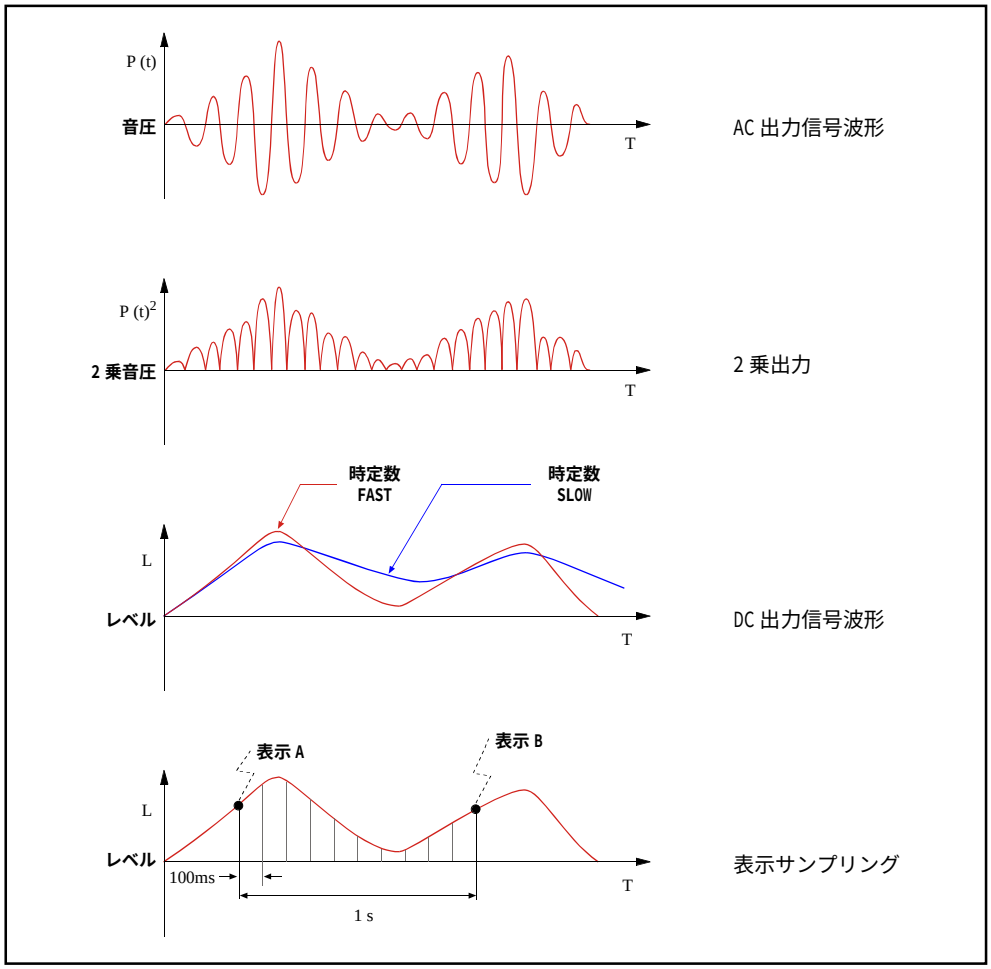


図 6-11

7. 騒音計の表示値

騒音計は音圧レベル（L_p）と騒音レベル（L_A)を測定表示します。また、積分形騒音計ではこの２値の他、等価騒音レベル（L_{Aeq})、単発暴露騒音レベル（L_{AE})、時間率騒音レベル（L_x）を演算表示することができます。これらの値は、先の第６章で説明した AC out、DC out の信号をもとに求めています。ピーク（L_{peak}）表示の場合は AC out からですが、その他は、いずれも DC out 信号から求めるような処理を行っています。 次に、それぞれの表示値がどのように求められるか説明します。

7-1 音圧レベル <Sound Pressure Level> (L_p)について

騒音の分野においては、音波の強弱（音圧）の物理的な尺度として用いられます。単位は dB（デシベル）で表わします。

音圧レベルの大きい音波は強い音、小さい音波は弱い音ということができます。音圧レベル０～130dB の範囲が主として対象になります。なお、周波数補正特性は FLAT が使用されます。

音圧レベルの定義式は、対数式として次のように表わされます：

$$\text{音圧レベル}\ (L_p) = 10\log_{10}\frac{p^2}{p_0^2} = 20\ \log_{10}\frac{p}{P_0} = 20\log_{10}\frac{p}{2\times10^{-5}}\ (dB) \qquad \text{(式　7-1)}$$

p （Pa）・・・　　測定された音の音圧の実効値

p_0（Pa）・・・　　基準となる音圧の実効値　（p_0 = 20 μ Pa）

ちなみに人間の最小可聴音圧は 20 μ Pa = 2×10^{-5} であり、これが基準音圧 p_0 となります。従って、最小可聴値は；

$$20\log_{10}\frac{2\times10^{-5}}{2\times10^{-5}} = 20\log_{10}1 = 20\times0 = 0\ (dB) \qquad \text{(式　7-2)}$$

7-2 騒音レベル <A-weighted Sound Pressure Level> (L_A)について

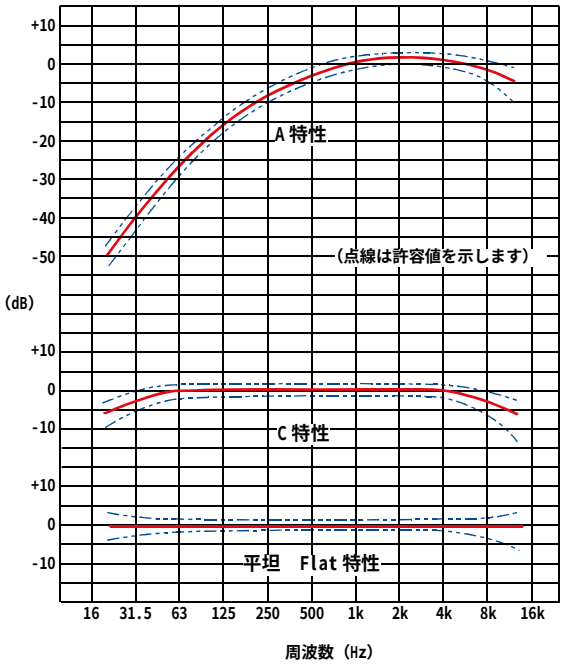


図 7-1

騒音の物理的大きさの尺度である音圧レベルにA特性の補正を行った量として現したもので、このA特性補正音圧レベルを日本では騒音レベルと呼び、これを騒音の大きさの尺度として用いています。記号は通常 L_A を用い、単位は dB（デシベル）です。旧計量法では“ホン”という単位を使用していましたが、dB と同じ量です（改訂により ISO 規格に合わせ dB となりました)。

A特性補正値としては40dB、1kHz の音圧レベルを基準（0dB）として、それと等しい大きさに感じられる等感曲線が用いられています（ラウドネスの項を参照)。

7-3 等価騒音レベル($L_{Aeq、T}$)について

変動する騒音をエネルギー平均として表現し、人間がどの程度の騒音にどれくらいの時間暴露されたかを評価する量で、下図7-2に示すように、一定時間内の騒音の総エネルギーの時間平均値をレベル表示した値です。最近騒音測定技術の向上や国際的動向を踏まえ、1999年4月に改定施行となった環境基準では、環境騒音評価量として等価騒音レベル（$L_{Aeq、T}$）が採用され、騒音評価の重要な指標となっています。

等価騒音レベルは、変動騒音に対する人間の生理的、心理的反応ともよく対応し、物理的には変動騒音の騒音レベルを実測時間　$T = t_2 - t_1$内でそれと等しいエネルギーを持つ定常騒音の騒音レベルで表しています。

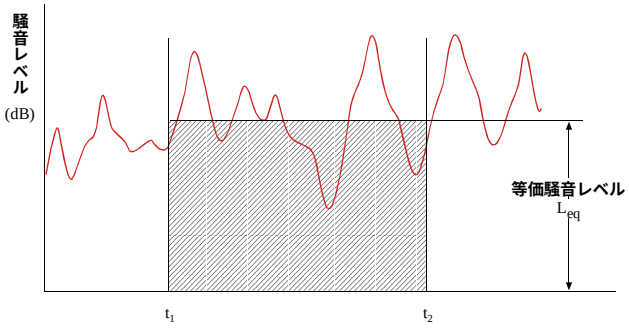


図 7-2

等価騒音レベルの定義式は：

$$L_{Aeq,T} = 10\log_{10}\left(\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{p_A^{\,2}(t)}{p_0^2}dt\right)$$

（式　7-3）

$p_A(t)$　：A特性で重み付けられた音圧
p_0　：基準音圧　20 μ Pa
t_1　：測定開始時間
t_2　：測定終了時間
T　：積分時間（$t_2 - t_1$）

（注）：等価騒音レベルは、正式には$L_{Aeq、T}$と表記します。

7-4 単発騒音暴露レベル(L_{AE})について

単発的または間欠的に発生する継続時間の短い騒音を測定する量として規定されています。

これは、図7-3に示すように、単発的に発生する騒音の全エネルギーと等しいエネルギーを持つ、継続時間１秒の定常音の騒音レベルに換算した値となります。

電車の通過音やくい打ち音などの間欠的に発生する騒音では、このL_{AE}を測定し、等価騒音レベルに換算するなど、騒音評価の基礎データとして使われます。

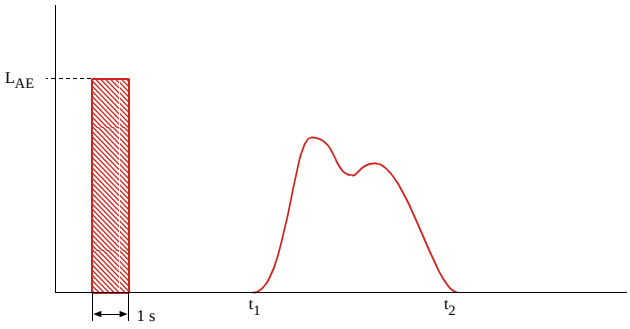


図 7-3

単発騒音暴露レベルの定義式は：

$$L_{AE} = 10\log_{10}\left(\frac{1}{T_0}\int_{t_1}^{t_2}\frac{p_A^{\,2}(t)}{p_0^2}dt\right)$$

（式　7-4）

T_0　：１秒
$p_A(t)$　：A特性で重み付けられた音圧
p_0　：基準音圧　20 μ Pa
t_1　：測定開始時間
t_2　：測定終了時間

7-5 時間率騒音レベル <Percentile Sound Pressure Level> (L_x^*)について

変動騒音の評価量として古くから使われ、わが国において騒音規制法における騒音の評価量として用いられている量で、不規則にかつ大幅に変動する騒音レベルの分布状況を評価するのに有効です。

下図 7-4 に示すような、ある実測時間内の変動騒音に着目した場合、その騒音レベルがあるレベルを越えている時間の合計が実測時間（$t_2 - t_1$）の x %に相当するとき、その騒音レベルを x %時間率騒音レベルといい、L_x で表わします。

下図 7-5 は、一般的な変動騒音について、時間率騒音レベルを横軸に、パーセント時間率を縦軸に取って、上述の関係を示したものです。

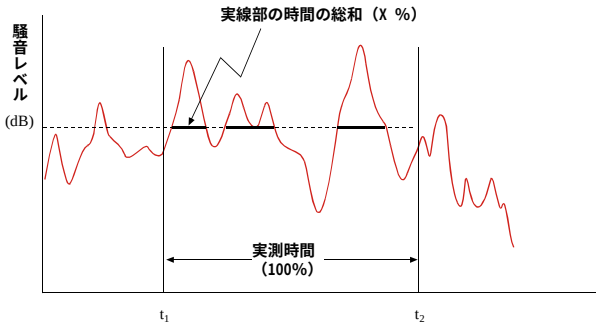


図 7-4

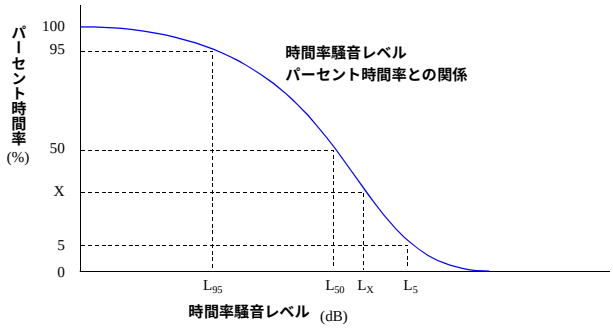


図 7-5

（注）＊：JIS Z 8731-1999 より $L_{AN,T}$ と表記するようになりました。

実際に時間率騒音レベルを求める場合、下図 7-6 のように一定時間間隔Δ t ごとに、騒音レベルをサンプリングし、その結果を統計的に処理して所定の時間率騒音レベルを求めます。統計処理の方法としては、サンプリング値から累積度数分布を求め、騒音レベルの累積百分率が(100 - x)%になる騒音レベルを x%時間率騒音レベルとする方法が一般的です。

我が国では、50%時間率騒音レベルL_{50}を騒音レベルの中央値、5%時間率騒音レベルL_5と95%時間率騒音レベル L_{95} をそれぞれ 90%レンジ(95% - 5%=90% レンジ幅)の上端値と下端値、10%時間率騒音レベルL_{10}と90%時間率騒音レベルL_{90}をそれぞれ80%レンジの上端値と下端値と呼び、変動騒音の評価量として広く用いられてきました。これら５つの値を合わせて慣例的に“ ５値 ”と呼んでいます。

なお、時間率騒音レベルの測定法としては、一般的に５秒(Δ t に相当)50 回法が使用されています。

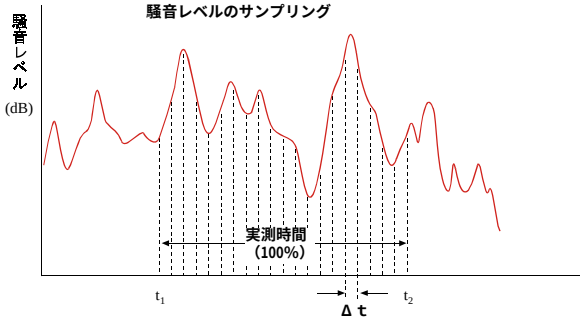


図 7-6

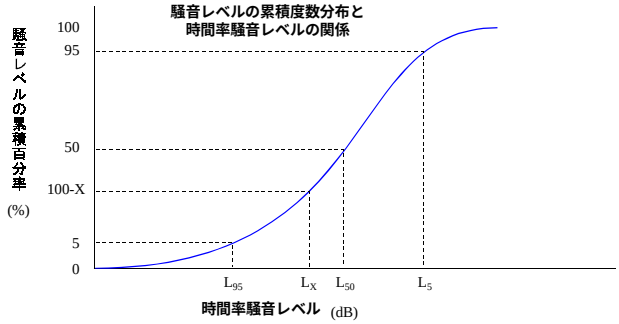


図 7-7

7-6 最大騒音レベル（L_{MAX}）と最小騒音レベル（L_{MIN}）について

ある時間における最大の騒音レベルを L_{MAX} として、また最小の騒音レベルを L_{MiN} として表します。

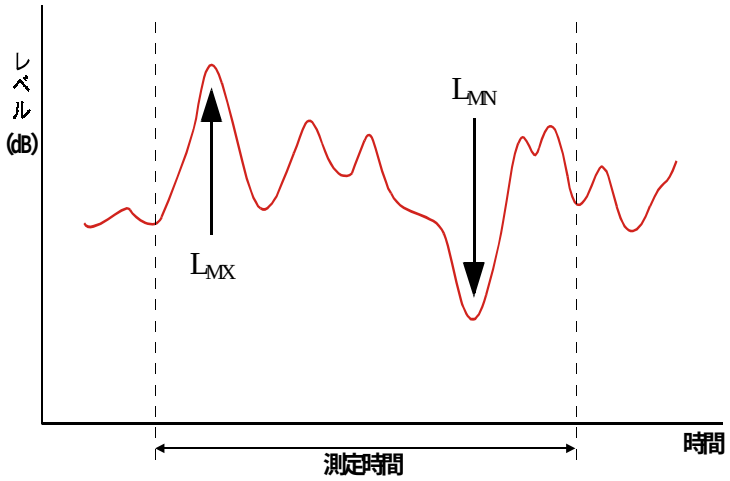


図 7-8

7-7 １秒間の最大値（TACT MAX）について

L_p、L_A などの瞬時値は、サンプリングデータの中の１秒毎のデータを表示しています。TACT MAX は、1秒間の高速サンプリングデータの中の最大値を表示します。日本では、瞬時値が用いられますが、欧州では、TACT MAX １秒または３秒が一般的に用いられます。

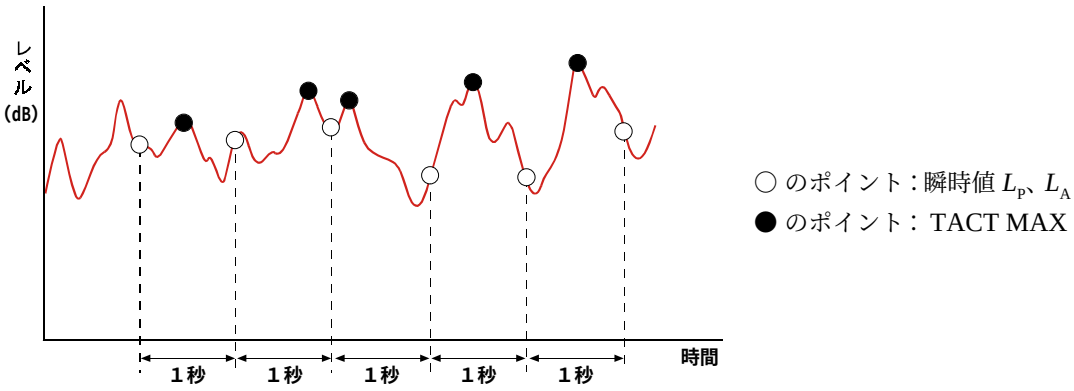


図 7-9

7-8 ピーク値（L_{peak}）

ピーク値は、他の諸値と異なり、AC out（音圧）の波形の最大値をレベル化して求めた値です。単発バースト信号の場合は、図 7-11 に示したように L_{Peak} と騒音レベルの最大値（L_{MAX}）との差がかなりあることが解ります。定常信号の正弦波の場合、L_{peak} は正弦波のピークを示し、L_{MAX} はその実効値を示すので、差が 3dB になります。

JIS C 1505、1502 では、ピーク値の規定がありませんが、IEC 60651 では規定されています。

L_{peak} は、次の式で求めています。

$$L_{peak} = 20 \times log_{10} [f_A(i_{max}) / f_0] \qquad \text{(式 7-5)}$$

ただし、f_0 は基準となる音圧（Pa）= 2 × 10^{-5} の時の AC out の値であり、$f_A(i_{max})$は AC out（音圧）の波形の最大値です。

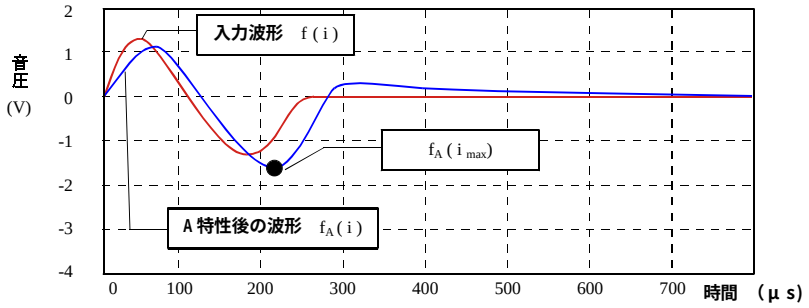


図 7-10 入力信号に対する A 特性後の波形の変化
f (i) ：単発バースト信号の入力波形
f_A (i)：f (i)の A 特性フィルタを通った AC out 波形

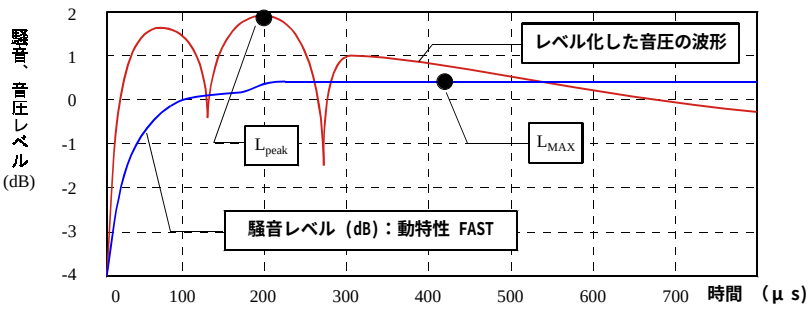


図 7-11 入力信号に対するピーク値
L_{MAX} ：DC out 波形の最大値
L_{peak} ：f_A (i)の波形を（絶対値）対数演算した波形の最大値

8. 等価騒音レベルの測定方法 （JIS Z 8731 の概要 ）

環境騒音についての基本的測定方法は JIS Z 8731 に定められています。JIS Z 8731 は 1957 年（昭和 32 年）9 月 18 日に制定されてから我国における騒音の測定・評価方法の基礎として広く使われてきました。

最近では地球環境保全の高まりから、世界的に評価基準を統一する流れになり、国際規格 ISO との整合性をとるため順次改訂が進められています。1997 年の計量法の改訂ではホンから dB 単位への変更、1999 年の環境アセスメント法の制定、1999 年の環境基本法の L_{50} から L_{Aeq} 基準への改訂などがあります。JIS Z 8731 についても、1983 年に続き 1999 年に（国際標準化機構）ISO 1996-1 ／ 1982、ISO1996-2 ／ 1983 を基礎として改訂されました。その概要についてご説明をします。

8-1 はじめに

環境騒音は、鉄道、自動車、航空機、工場騒音など多数の騒音源からの音の重ねあわせであり、騒音の種類の分布は時々刻々と変化します。そこで、JIS Z 8731 では、ある場所における騒音の状態を決定するすべての騒音源からの騒音について、それぞれを単独で扱うことができると同時に全体としても扱えるように騒音の表示及び測定方法を規定しています。

それには、騒音の許容限度、騒音環境を管理することができる基本評価量として等価騒音レベルの採用を推奨しています。等価騒音レベルを採用することにより、JIS Z 8731 の内容が大きく変りました。また付帯書 1 では実在または計画中の騒音源の許容程度を判断するため、環境騒音の観点から、特定の地域に対して「適正な土地利用のための音響データの収集」と騒音レベルの表示方法について規定しています。また付帯書 2 では、参考として改正前の JIS Z 8731：1983（騒音レベル測定方法）で規定されていた時間率騒音レベルの求め方、特定の間欠騒音や衝撃騒音の表示・測定方法、定常騒音に対する暗騒音補正の方法について示されています。

なお、工作機械などが発生する騒音は別途 JIS B 6004 で規定され、当 JIS では対象外になります。

8-2 用語の定義

用語については 7 項の説明で抜けていたもののみ説明します。

(1) 実測時間

騒音の状態が一定とみなせる時間を観測時間といい、また観測時間のうち実際に騒音を測定する時間を実測時間といいます。

(2) 基準時間帯

一つの等価騒音レベルの値を代表値として適用できる時間帯を基準時間帯といい、測定対象とする地域の居住者の生活態様及び騒音源の稼動状況を考慮して決めます。

例えば、1 日を昼間と夜間に区別し昼間は午前 6 時から午後 10 時までとすると、その間の 16 時間が昼間を対象とした基準時間になります。この基準時間帯の等価騒音レベルを求めるには、16 時間分の等価騒音レベルを測定すればいいのですが、実用上はサンプリングの概念を適用し、基準時間帯の中でいくつかの時間帯を設定し観測の対象とします。例えば、毎正時から始まる 1 時間毎に基準時間帯を分割した場合、ここの 1 時間が観測の対象とする時間で、これを観測時間といいます。この観測時間についてもサンプリングの概念を適用することができます。観測時間のうち限られた時間、例えば毎正時から始まる 10 分間について実際に騒音を測定することになります。実際に連続的に等価騒音レベルを測定する時間を実測時間といいます。この様にして測定したデータから基準時間帯の等価騒音レベルを算出するにはエネルギー平均によって求める必要があります。また、この概念を 1 日でなく長い時間に拡張して考えた場合が次の長期基準期間になります。

(3) 長期基準期間
基準時間帯騒音の測定結果が長期的に変動が少ないとみなせる場合、その測定結果を代表値として用いる時、その対象とする期間をいいます。

(4) 長期平均等価騒音レベル（$L_{Aeq、LT}$）
長期基準期間に含まれる一連の基準時間帯の等価騒音レベルを、長期基準期間の全体にわたり平均した値をいいます。

計算式は；

$$L_{Aeq,LT} = 10 \log_{10}\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 10^{\left(L_{Aeq,T}\right)_i/10}\right] \qquad (式\ 8\text{-}1)$$

N　　：基準時間帯のサンプル数
$(L_{Aeq、T})_i$　　：i 番目の基準時間帯の等価騒音レベル(dB)

(5) 評価騒音レベル ($L_{Ar、T}$)
騒音に対する人間の反応を評価する場合には、その目的に適した基本量とするため、測定値に補正を加えた量を用いることができます。等価騒音レベルに対象騒音に含まれる純音性及び衝撃性に対する補正を加えた値をいいます。

$$\left(L_{Ar,T}\right)_i = \left(L_{Aeq,T}\right)_i + K_{1i} + K_{2i} \qquad (式\ 8\text{-}2)$$

$(L_{Ar、T})_i$　　：i 番目の基準時間帯についての等価騒音レベル(dB)
K_{1i}　　：i 番目の基準時間帯に対する純音補正の値(dB)
K_{2i}　　：i 番目の基準時間帯に対する衝撃音補正の値(dB)

測定された等価騒音レベルに聴感的に純音が含まれていることが明らかで、1/3オクターブバンド分析でその存在が認められ、隣接するバンドより5 dB以上大きい場合に純音補正K_{1i}を行なって良い。補正値は5～6 dB とし、補正した場合にはその値を明記する。
また、ある特定の時間帯において騒音に著しい衝撃性が認められる場合には、その時間帯について測定された等価騒音レベルに補正値を加えて良いとされている。現在、純音補正、衝撃音補正ともに ISO で具体的方法が検討中です。
恒常的な音でなく一時的突発音であれば、その部分を除いて等価騒音レベルを求めるといいでしょう。

(6) 長期平均評価騒音レベル（$L_{Ar、LT}$）
一連の時間帯について算出された評価騒音レベルを長期基準期間にわたって平均した値をいいます。

$$L_{Ar,LT} = 10 \log_{10}\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 10^{\left(L_{Ar,T}\right)_i/10}\right] \qquad (式\ 8\text{-}3)$$

N　　：基準時間帯のサンプル数
$(L_{Ar、T})_i$　　：i 番目の基準時間帯の評価騒音レベル(dB)

8-3 騒音の種類

分類方法が大きく変りました。従来は時間変化に注目した分類でした。

(1) 総合騒音
ある地点で観測される騒音は、様々な騒音源からの騒音が重なり合っているため、そのレベルの時間変化は複雑な様相を呈します。このようにある観測点において観測されるあらゆる騒音源からの総合された音を総合騒音といいます。今までは環境騒音といわれていました。

(2) 特定騒音（specific noise）
総合騒音は一般に複数の騒音源からの騒音で構成されていますが、そのうちのある特定の騒音源に着目したとき、それからの騒音を特定騒音といいます。例えば各種の交通機関からの騒音や生活騒音など混在している都市環境において、騒音源として鉄道に着目すれば鉄道騒音が特定騒音になります。

(3) 暗騒音、残留騒音
総合騒音を構成する騒音のうち、ある特定騒音（複数の場合もある）に着目した場合、それ以外のすべての音を暗騒音（background noise）と言います。例えばある観測点において鉄道騒音に着目した場合、近くの道路からの交通騒音は鉄道騒音よりもレベルが大きくても暗騒音にふくまれます。なお、総合騒音に対して寄与の大きいすべての特定騒音を除いてもなおかつ残っている騒音は、残留騒音（residual noise）とよばれています。

(4) 初期騒音（initial noise）
例えば、新しく道路ができたとか、高層ビルができたなど、ある地域において、何らかの環境の変化がおきた場合、それ以前の状態の総合騒音をいいます。

(5) 時間的に見た騒音の分類
騒音の種類は時間的な変動の状態により、定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音（分離衝撃騒音、準定常騒音）に分類されます。改訂前の規格では、それぞれの分類に応じた測定方法が規制されていましたが、改正では定常騒音、変動騒音は等価騒音レベルを測定し、間欠騒音、衝撃騒音はその継続時間と単発暴露騒音レベルから計算で等価騒音レベルを求めることになりました。

8-4 測定器と校正

測定器はJIS C 1505 精密騒音計に適合するもの、少なくとも JIS C 1502 普通騒音計に適合するものを使用する必要があります。機能として、等価騒音レベル、単発騒音暴露レベル、時間率騒音レベルの測定機能を持った機種が便利です。

また、騒音計に接続して騒音レベルを記録する場合はJIS C 1512に適合するレベルレコーダを用います。測定器の校正は一連の測定の前に校正を行なう必要があり、一般的には音響校正器が使用されます。また、レベルレコーダは校正信号を記録して確認を行ないます。

図 8-1　CX-4500 レベルレコーダ

8-5 測定点

環境騒音の測定を行なう場合、測定に適した測定点を選ぶ必要があります。測定点は、関連の法規が有ればそれに準じて選定し、測定をします。また測定の目的や内容、測定現場の条件などによって、個々のケース毎に選定または指定すべきですが、一般的な規則として次のように示されています。

(1) 屋外

一般の環境騒音を測定する場合には､建物などからの反射の影響を避けるため､建物などの反射物からなるべく 3.5m 以上離れ、地上 1.2m ～ 1.5m の高さとします。ただし、建物などから 3.5m 以上離れた位置に測定点を選ぶことが不可能な場合には､反射物からできるだけ離れた位置で測定を行なうのが望ましいとされています｡やむを得ず建物などの近くで測定を行なう場合には測定条件としてその旨を明記しておく必要があります。

従来は「上記のほかに道路交通騒音などを対象として､街頭で騒音を測定する場合には､車道と歩道の区別があるところでは車道寄りの歩道端､区別の無いところでは道路端で､地上より 1.2m～1.5m の高さで測定」となっていましたが「騒音に関わる環境基準」､「騒音規制法」では騒音を問題としている地点を重視した測定評価となりました。

その他､工場や娯楽場などの特定の騒音源が周囲に及ぼす影響を調べる場合にも､個々の条件または照合すべき法律などの規定によって､適当な測定点を決めるべきですが､常に問題になっている場所で測定するのが原則です。

(2) 建物の周囲における測定

建物に対する外部騒音の影響を調べる場合には､対象となる壁などの反射面の影響を避けるために、建物の外壁などから 1m ～ 2m 離れ、建物の問題となる階の床レベルから 1.2m ～ 1.5m の高さに測定点を選びます。旧 JIS によれば、窓の前面における騒音レベルを測定する場合には、窓中心線上で窓から 1m 離れた点を選ぶこととなっていました。

(3) 建物の内部における測定

建物の内部における騒音レベルを測定する場合は､壁などの反射面から1m以上離れた位置で、また窓などの開口部では1.5m離れた位置で床上1.2ｍ～1.5mの高さに選びます。この場合、室内の音場は一般に極めて複雑になっているので､一点だけでなく数点の位置で測定し､その平均（算術平均またはパワー平均）を求めることが望まれています。

(4) 作業環境における測定

新 JIS では削除されました。旧 JIS や安全衛生法では、「工場や事務所などの作業環境における騒音を測定･評価するときの一般的な測定点としては､作業者が定位置で作業することが多い場合には､原則としてその作業者の耳の位置とする」となっています。作業者の位置が特定できない場合には、通路上など作業者の動線上の代表的ないくつかの位置で、床上 1.2m ～ 1.5m の高さを測定点とします。また 6m 毎のマス目に区切りその交点を測定点とします。詳細は別冊「作業環境Ｑ＆Ａ集」を用意していますので、最寄りの弊社営業所へご請求下さい。

(5) 気象の影響

騒音は気象条件により変化し､その程度は伝搬距離が長いほど影響を受けます｡このような影響が問題になる場合は次のいずれかによって測定します。

(a) 種々の気象条件における測定結果を平均する方法

測定点において種々の気象条件にわたる長期平均等価騒音レベルが得られるよう実測時間を設定する。

(b) 特定の気象条件において測定する方法
一般に騒音が大きくなる条件、すなわち風の方向が騒音源から測定点方向にふく順風のときに実測時間を設定する。

8-6 騒音の測定方法

環境基本法では評価基準値が時間率騒音レベルの中央値L_{50}から等価騒音レベルに全面改訂され、また騒音規制法では特定施設では時間率騒音レベルL_5が評価基準値のままですが、自動車騒音では2000年4月に等価騒音レベルに改訂されました。等価騒音レベルL_{Aeq}と時間率騒音レベルL_{50}の比較を次表に示します。

	等価騒音レベル(L_{Aeq})	時間率騒音レベル(L_{50})
基本的特性	・騒音のエネルギー平均値 ・突発的、間欠的な音に影響される。(時間的、空間的安定性は高くない ＝ 感度が高い) ・騒音の変動特性によらず適応でき複合騒音にも適応可能。	・騒音レベルの中央値 ・突発的、間欠的な音に影響されにくい。(時間的、空間的安定性が高い ＝ 感度が低い) ・騒音の特性が異なる場合や複合騒音の評価が困難。 ・異なる騒音に対する測定結果を相互に比較することが困難。
	・両指標により同時に測定した場合、騒音の変動の度合いにより程度は異なるが、通常 L_{Aeq} の方が L_{50} よりも値が大きくなる場合が多い。	
住民反応との関係	間欠的な騒音をはじめ騒音の暴露量が数量的に必ず反映されるため住民反応と比較的よく対応する。	L_{Aeq} と比較すれば、間欠的な騒音が数量的に反映されにくいため、住民反応との相関はあまり良くない。
予測	騒音のエネルギーを時間平均したものであるので、予測地点の騒音分布を再現しなくても騒音のエネルギー平均値を予測すれば足りる点で予測計算が簡略化・明確化される。	騒音分布に左右されるので、厳密には予測地点における騒音分布を再現する必要がある点で、予測計算が行いにくい。(ただし、経験式による予測の実績はある。)
測定	騒音レベルの変動に敏感な指標であるため変動が大きい場合には、ある程度の時間をかけて測定しなければ安定したデータが得られない。(信頼性と実用性の両立が課題)	比較的短時間の測定で安定したデータを得ることができる。
国際的動向	国際的に多くの国や機関で採用されており、国際的データとの比較が容易。	国際的にほとんど使用されていないので、国際的なデータとの比較が困難

表 8-1

騒音の変動の状態により程度は異なりますが一般的にＬ$_{50}$より等価騒音レベルの方が大きくなりやすいと言われています。

関連の規定で定めが無ければ、一般的に次の等価騒音レベルの算出方法を使用します。

レベルレコーダから等間隔にデータを読み取って計算から求めることも可能ですが、現在では騒音計がデジタル化され、等価騒音レベル測定機能を持ったものが市販されていています。これらの騒音計を使用すれば簡単に等価騒音レベルを測定することができます。

(1) 変動騒音

騒音の変動が大きい場合は、積分型騒音計によるL_{eq}測定が望ましい。その場合は測定した実時間を必ず記録しておきます。この方法のほかにサンプリングによる方法と騒音レベルの統計分布による方法を用いることができます。

(a) サンプリングによる方法
一定時間Δt毎にサンプリングしたデータより、次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} 10^{L_{PAi}/10} \right] \quad \text{(式 8-4)}$$

N　：サンプル数　$N = \frac{T_2 - t_1}{\Delta t}$

L_{pAi}　：騒音レベルのサンプル値

この計算で求める場合は､時間重み特性の時定数に比べサンプル時間が長いと精度が落ちます。時定数FASTのときは0.25ｓ以下、時定数SLOWでは2ｓ以下とすることが望まれています。変動が緩やかで実測時間が数分以上にわたる場合は5ｓ程度まで広げることができます。

(b) 騒音レベルの統計分布による方法
一般に騒音レベルのサンプル値を､分割幅5 dBに取った統計分布から次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{N} f_i \cdot 10^{L_{PAi}/10} \right] \quad \text{(式 8-5)}$$

N　：レベルの分割数
f_i　：騒音レベルがi番目の分割クラスに入っている場合の時間の割合(%)
L_{pAi}　：騒音レベルのサンプル値

(2) 定常騒音
周波数重み特性A、時定数SLOWを用い、その指示値が5 dB以内の場合、定常騒音として扱うことができます。積分型騒音計で等価騒音レベルを求める代わりに、指示値の平均値を読みこの値を採用することができます。

(3) 騒音レベルが段階的に変化する定常騒音
騒音レベルが定常的ではあるが、段階的に変化し、それぞれのレベルが明瞭に区別できる場合は、各段階の騒音レベルを定常騒音として測定し、各レベル毎の継続時間を測定しておくことにより次式により等価騒音レベルを計算します。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \sum Ti \cdot 10^{L_{PAi}/10} \right] \quad \text{(式 8-6)}$$

$T = \sum Ti$　：全測定時間

T_i　：i番目の定常区間の継続時間
L_{PAi}　：i番目の定常区間における騒音レベル(dB)

(4) 単発的に発生する騒音

環境騒音の中で単発的に発生する騒音が卓越している場合、時間Tの間に発生する騒音の単発騒音暴露レベルから次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10}\left[\frac{T_0}{T}\sum_{i=1}^{N} 10^{L_{AEi}/10}\right] \qquad (式\ 8\text{-}7)$$

L_{AEi} ：時間 T(s)の間に生じる n 個の単発的な騒音の内 i 番目の騒音の単発暴露レベル

T_0 ：基準時間 (1s)

従来では間欠騒音、衝撃騒音それぞれ規定されていましたが、単発暴露騒音レベルから等価騒音レベルを求めることになりました。

8-7 補正

等価騒音レベルの測定値にたいし純音補正、衝撃性補正などの補正を加え評価騒音レベルとして評価しても良いとなっていますが、具体的補正方法の規定はISOで検討中です。

8-8 記録事項

(1) 測定方法

(a) 測定器の種類、測定方法または計算方法

(b) 基準時間帯、実測時間及びサンプリングによる方法の場合はそのサンプリング時間間隔、回数など

(2) 測定時の条件

(a) 大気の状態：風向・風速・雨・地上及びその他の高さにおける気温、大気圧、相対湿度

(b) 地表の種類及び状態、騒音源の変動性等の性質、特定騒音の有無とその特徴、方向など

(c) 測定点（位置、高さ）

8-9 付属書１（規定）適正な土地利用のための音響データの収集

(1) 概要

この規定は特定の地域における環境騒音の表示､現在または将来予想される騒音を考慮した土地利用の適性さの評価としての具体的な測定方法を示しています。

環境アセスメント法に適応される規制と考えられます｡また長期平均等価騒音レベルまたは長期平均評価騒音レベルがあるレベルの間になっている領域を5 dB毎の騒音レベルゾーンとして地域の地図上に色分けして等高線的に表示します。

(2) 基礎データの収集

次の基本的データの収集が必要です。

(a) その地域の地勢情報
(b) その地域における居住状況及び周辺の情報として、風向、風速、雨量、気温に関して通年の統計情報

(3) 音響データ

騒音源及び対象とする地点の特性を考慮しそれぞれの時間帯について､特定の地点における代表値として、評価騒音レベル、長期平均等価騒音レベル、長期平均評価騒音レベルを求めることが目標になります。

また、騒音レベルの分布を考慮するため、時間率騒音レベルを求めておくことが望まれています。

(3-1)測定点の位置と数

対象とする環境騒音を記述する上で適当な屋外を､空間分解能を考慮して選定し地図上に明示します。例として；

(a) 対象とする地域全体を等間隔な格子状とし、その交点と、音源の近くでは5dB以上の差が出ないよう密にして適当な点をとる
(b) 特定の地域の平均レベルを代表する点を選定する
(c) 対象とする地域に存在する騒音源が放射する騒音の特性を把握できる地点を選定する

(3-2)マイクロフォンの位置

8-5章での屋外､建物の周囲における測定に準じます｡高い建物が建てられると予想される地域では、高さ3m～11mとするなど必要に応じ個別に定めます。また3.5m離れられないとき、開放窓では窓から0.5m離れた位置で測定します。また外壁から１～2m離れて測定した場合、卓越した帯域音を含んでいない場合は測定値から3 dBを減じた値を建物がない場合の音圧レベルとみなせます。

(3-3)時間の設定

(a) 基準時間帯

基準時間帯及び実測時間を適切に設定するため､長時間にわたる予備測定を行なうことが望まれます｡基準時間帯は､居住者の典型的な生活態様及び騒音源の種々の稼動条件など考慮してきめます。

(b) 長期基準時間

騒音制御の目的､対象とする地域の特性と居住者の生活態様､騒音源の稼動状況及び､騒音の伝播条件の変化を考慮し、騒音の発生状況の長期的変化を含むように設定します。

(c) 実測時間

対象とする基準時間帯の騒音の種類に応じて等価騒音レベルを求めますが、等価騒音レベルが安定して選ばれるように、また長期平均等価騒音レベル及び長期平均評価騒音レベルが精度よく推定できるよう、騒音の発生、伝搬の変化に応じて設定します。

航空機や電車など通過する音源がある場合には、通過時の単発騒音暴露レベルが測定できるように設定します。また雨や強風を避け、再現性があり安定した騒音の伝搬となる気象条件を選びます。特に卓越した騒音源がある場合は、順風で、地上3～11mの高さにおける風速が1～5m/sの範囲で、地表近くに強い気温の逆転が生じていない条件で測定します。

(3-4)音響データの収集

(a) 連続測定による方法

基準時間帯全体を実測時間とする。強風、豪雨のときや対象とする地域の代表的な騒音以外の騒音の影響が強い場合は、測定誤差が大きくなるので除外する。

(b) 時間サンプリングによる方法

基準時間帯の間にいくつかの離散的な実測時間を設定し、その間の測定結果から等価騒音レベル、評価騒音レベルを求めます。

(4) 騒音のレベルの予測

建設が計画されている工場、道路、航空機、鉄道などの交通施設から放射される騒音の状況を予測する場合、計算または縮尺模型実験によっても良いとされています。

(5) 騒音レベルゾーン及び結果の表示

現状の環境騒音の測定結果、また計画されている事業の騒音の予測結果の報告に、騒音レベルゾーンによる表示が推奨されています。縮尺地図に5dB毎の等高線とそのゾーン毎に色またはハッチングで区別します。また測定点は○、予測地点は×で明記します。

なお、色、ハッチングは騒音レベルゾーンの値により定められています。

また必要とされる記録事項、報告事項として気象条件、騒音源に関する事項、地表の状態、対象地域、予測目的、データなどが定められています。

（注）：この付属書1の内容は、後述の環境アセスメント法に関連しています。当社では、これに対応する環境予測ソフトウェア「SoundPLAN」を用意しております。

8-10 付属書２（参考）環境騒音の表示、測定方法に関する補足事項

騒音の時間変動特性を表す場合に用いられる時間率騒音レベルの求め方、特定の間欠騒音や衝撃騒音の表示・測定方法及び定常騒音に対する暗騒音の影響の補正方法について、旧 JIS Z 8731/1983 年（騒音レベル測定方法）で規定されていた内容を取りまとめ、参考として示されています。

時間率騒音レベルに付いては 7-5 章を、騒音の種類については 2 章をご参照ください。

(1) 特定の間欠騒音、衝撃騒音の表示・測定方法

本編に規定されている、単発騒音暴露レベルの測定の外、次の方法によります。

対象とする間欠騒音または衝撃騒音があるときと、無いときの騒音計の指示値の差が10dB以上であれば暗騒音の影響はほぼ無視できます。その差が10dB未満では、暗騒音の影響を受けますので、(2)に準じた暗騒音補正をおこないます。ただし継続時間が短い場合は、暗騒音補正は適用できません。

(a) 特定の間欠騒音

右図のように騒音の発生ごとに、騒音計の指示値の最大値を読み取ります。特に定めがある場合を除き騒音計の動特性はFASTを用います。最大値がほぼ一定の場合は数回の平均値で表示します。発生ごとに最大値がかなりの範囲にわたって変化する場合には多数回の測定を行って、測定結果のエネルギー平均、累積度数分布の90%レンジの上端値（L_5）などを求めて代表値とします。使用した時間重み特性や騒音の発生頻度、1回ごとのおおよその継続時間なども記録をしておきます。

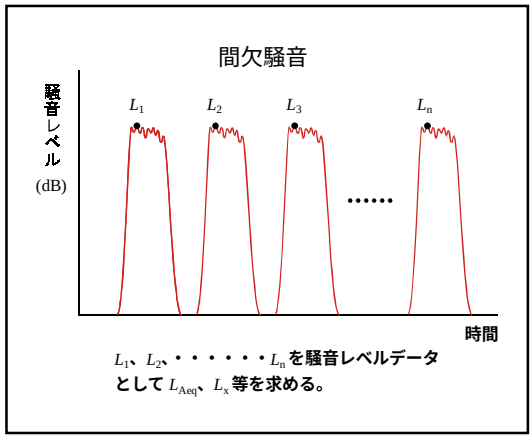


図 8-2

(b) 特定の衝撃騒音

・特定の分離衝撃騒音

(a)の特定の間欠騒音の測定に準じて行います。

・特定の準定常衝撃騒音

騒音計の FAST 特性による騒音レベルの最大値を読み取ります。

(2) 定常騒音に対する暗騒音の影響の補正

特定の定常騒音の騒音レベルを測定するとき、その騒音があるときと無いときの騒音計の指示値の差が10dB以上あれば暗騒音の影響はほぼ無視できますが、10dB未満のときは無視できなくなります。その場合は次表により指示値を補正することにより、定常騒音のみがある時の騒音レベルを推定することができます。

対象音があるときと無いとき指示値の差	4	5	6	7	8	9
補正値	－2		－1			

表 8-2　暗騒音の影響に対する騒音計に指示値の差　　単位：dB

なお、騒音計の許容差や、測定時に生じる誤差を考慮すると、通常の測定では精度の検討を十分行った上で補正する必要があり、対象とする騒音のあるときと無いときの騒音レベルの差を明記し、測定結果に含まれる誤差の程度を明らかにしておくことが必要です。

暗騒音の影響による測定誤差を補正する方法は、対象とする特定騒音と暗騒音がともに定常騒音であることを前提にしています。特に暗騒音レベルが対象とする特定騒音レベルに近く、変動している場合には補正の意味が無い場合が多くなります。いま、測定をしたい特定騒音 S の騒音レベルを L_S

(dB)、特定騒音発生していない音の暗騒音Nの騒音レベルをL_N(dB)とすれば実際に測定される騒音レベルL_A (dB)は：

$$L_A = 10\log_{10}\left(10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_N}{10}}\right) \qquad \text{(式 8-8)}$$

となります。従って、求める補正値Lは、

$$L = L_S - L_A = 10\log_{10}\left(\frac{10^{\frac{L_S}{10}}}{10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_N}{10}}}\right) \qquad \text{(式 8-9)}$$

で与えられます。上式を用いて計算した補正曲線を下図に示します。また、指示値の差に対する補正値は、次表のように決められています。

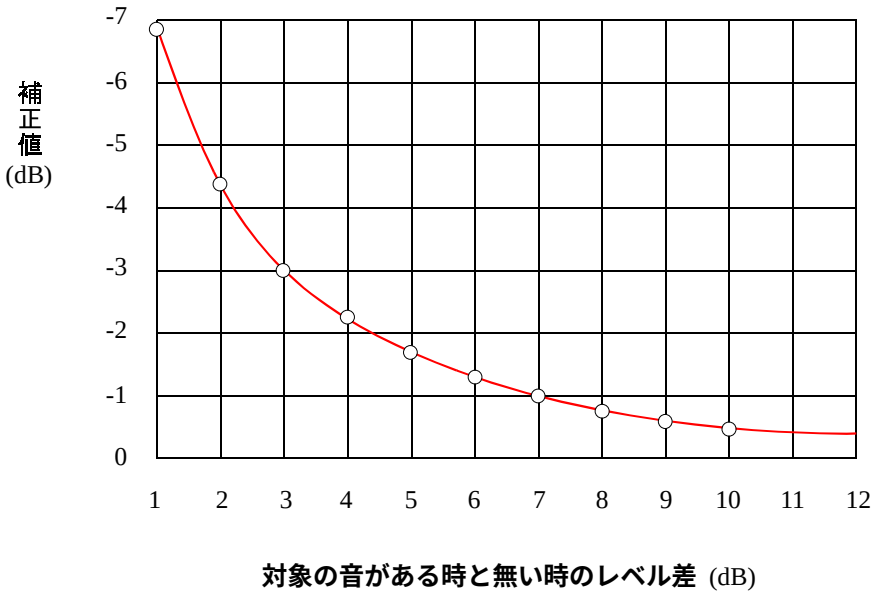


図 8-3

新・旧の内容の比較と騒音のレベルを表す記号

	新	旧
目的適用範囲	(1) 一般の環境における騒音の大きさを表示するための標準的な方法を示す。 (2)土地利用に関して環境騒音の標準的方法を示す (3)各種規格との整合性を取るため旧JIS の内容を参考に示す	一般の環境騒音および作業環境における騒音の測定方法を示す
評価量	A 特性音圧：P_A 音圧レベル：L_p 騒音レベル：L_{PA} 時間率騒音レベル：$L_{AN,T}$ 単発騒音暴露レベル：L_{AE} 等価騒音レベル：$L_{Aeq,T}$ 長期平均等価騒音レベル：$L_{Aeq,LT}$ 評価騒音レベル：$L_{Ar,T}$ 長期平均評価騒音レベル：$L_{Ar,LT}$	A 特性音圧：P_A 騒音レベル：L_A 時間率騒音レベル：L_x 等価騒音レベル：$L_{Aeq,T}$ 単発騒音暴露レベル：L_{AE}
用語	実測時間 基準時間 長期時間	実測時間 観測時間
騒音の種類、分類	・種類 総合騒音、特定騒音、初期騒音 ・時間変化での分類 定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音、分離衝撃騒音、準定常衝撃騒音	環境騒音、特定騒音、暗騒音 定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音、分離衝撃騒音、準定常衝撃騒音
測定器	JIS C 1505（精密騒音計） JIS C 1502（普通騒音計） JIS C 1512（レベルレコーダ） に適合し等価騒音レベル、単発暴露レベルが測定できるもの	JIS C 1505（精密騒音計） JIS C 1502（普通騒音計） JIS C 1512（レベルレコーダ） または同等以上のもの
測定／評価方法	次の測定で $L_{Aeq,T}$ を求める 変動騒音：積分平均、サンプリング法、統計分布による方法のどれか 定常騒音：SLOW 指示値の平均の読取値 レベルが段階的に変化する騒音：各段階の定常騒音とその時間から計算 単発的な騒音：L_{AE} から計算	定常騒音：騒音計指示値の平均 変動騒音：$L_{Aeq,T}$ または L_X 特定の間欠騒音：FAST L_A のピーク値または L_{AE} から $L_{AEeq,T}$ を計算 間欠騒音を含む環境騒音：$L_{Aeq,T}$ 特定の分離衝撃騒音：FAST L_A のピーク値 特定の準定常衝撃騒音：FAST L_A のピーク値 衝撃騒音を含む環境騒音：$L_{Aeq,T}$
測定点	屋外：反射物から 3.5m 以上離れ、特に指定がない限り地上 1.2～1.5m の点 建物の周囲：特に指定がない限り建物の外壁から 1～2m 離れ、対象とする建物の床から 1.2～1.5m の点 建物の内部：特に指定がない限り壁などの反射面から 1m 以上、窓などの開口部から 1.5m 以上離れ、床上 1.2～1.5m の点	屋外：反射物からから 3.5m以上離れ、地上 1.2～1.5m の点。街頭では車道と歩道の区別がある場合は車道側の歩道端、区別の無いところでは歩道端で地上 1.2～1.5m の点 建物の周囲：建物の外壁面から 1～2m 離れ、対象とする建物の床から 1.2～1.5m の点。窓の前面では窓の中心線上窓から 1m 離れた点： 建物の内部：壁などの反射面から 1m 以上、床上 1.2～1.5mの点 作業環境：作業者の耳の位置。または作業者の動線上の代表的な位置で床上 1.2～1.5m の点
補正	評価騒音レベル：純音補正、衝撃音補正	暗騒音補正
校正	測定前に音響校正器による校正が必要	

表 8-3

8-11 測定に影響を与える環境条件

(1) 気象条件、地形、地表面形状

騒音が屋外を伝播する場合に、風や気温などの気象条件や地形あるいは地表面形状などによって、大きく影響を受けることがあります。例えば、風による影響としては、風が無いときに比べ、一般に順風のときには伝播音の大きさは増大し、逆風のときには減少します。また、気温による影響としては、一般に気温の垂直方向の分布が、上空ほど低温で地表面で高温の場合には音が伝播し難く、上空ほど高温で逆転層のある状態のときには伝播し易くなります。地面に沿って音が伝播する場合、一般に田畑や草地などの吸音性の高い地表面上では、舗装面などの反射性地表面上と比べて音の減衰が大きく、遠くまで伝播し難くなります。したがって、騒音測定時の条件として、天気などとともに測定点近傍での風向き、風速、温度、相対湿度などの気象条件、及び地形や地表面形状などをできるだけ明確に記録しておくことが必要です。

(2) 風雑音の影響

騒音計のマイクロホンに強い風が当たると、その部分でいわゆる風雑音が発生し、特に測定対象の音が風雑音に比べて相対的に小さいときなどには信号対雑音比が不足して、測定が不可能となります。従って、屋外や風を発生する機械類の近傍などで騒音を測定する場合には、風雑音を低減させるために工夫された防風スクリーンを装着する必要があります。ただし、風速が大きくなると防風スクリーンによる風雑音の低減効果にも限界があるため、強風時の測定は避けるべきです。

(3) その他環境条件の影響

電気機械類の近傍では、強い電界・磁界が形成されていることが多く、そのような場所に騒音計を置くとマイクロホンや騒音計本体の電気回路部分に影響が及び、指示値が不正確になることがあります。マイクロホンケーブルを延長して使用する場合には、延長ケーブルの部分でこれらの影響を受け易くなります。また、各種の機械類などが発生する振動が騒音計本体に伝わり、測定に影響を及ぼすこともあります。さらに、高温や多湿の環境条件下では騒音計などの計器類に支障を来たすことが有ります。

以上述べたように、各種の影響があるため、事前にそれらの影響の有無と程度を確かめておくことが必要であり、影響が問題となりそうな場合には、影響の要因毎に適当な遮蔽や防振などの対策を工夫するとともに、測定点の選定に十分注意することが大切です。

9. オクターブ分析(周波数分析)

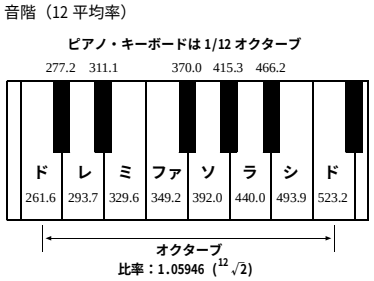
9-1 オクターブ分析について

騒音対策を行うには、騒音分析＝周波数分析が必要です。

騒音分析として古くから行われている方法としてオクターブ分析があります。オクターブとは２倍の周波数を意味します。(「オクターブとは」参照)

耳に感じる周波数特性が等比的なため、オクターブ分析がよく使われています。計測対象とする騒音に対して 25Hz ～ 12.5kHz の周波数範囲において、1/1 オクターブあるいは 1/3 オクターブの規格に定められたバンドパスフィルタを通して各々の帯域毎の音圧レベルを求めます。JIS C 1513 に規定されていますので、詳しくはそちらをご参照ください。

オクターブとは：
音楽用語でドから次のドまでを１オクターブといいます。
上限の周波数と、下限の周波数の範囲をオクターブバンドと呼び、その中心の周波数をオクターブバンド中心周波数と呼んでいます。
また、オクターブバンドを 1/3 に分割したものを、1/3 オクターブバンドといいます。



1/1 オクターブと 1/3 オクターブバンドパスフィルタの中心周波数

中心周波数 Hz	1/1ｵｸﾀｰﾌﾞ	1/3ｵｸﾀｰﾌﾞ	中心周波数 Hz	1/1ｵｸﾀｰﾌﾞ	1/3ｵｸﾀｰﾌﾞ	中心周波数 Hz	1/1ｵｸﾀｰﾌﾞ	1/3ｵｸﾀｰﾌﾞ
0.8		○	25		○	800		○
1	○	○	31.5	○	○	1000	○	○
1.25		○	40		○	1250		○
1.6		○	50		○	1600		○
2	○	○	63	○	○	2000	○	○
2.5		○	80		○	2500		○
3.15		○	100		○	3150		○
4	○	○	125	○	○	4000	○	○
5		○	160		○	5000		○
6.3		○	200		○	6300		○
8	○	○	250	○	○	8000	○	○
10		○	315		○	10000		○
12.5		○	400		○	12500		○
16	○	○	500	○	○	16000	○	○
20		○	630		○	20000		○

表 9-1

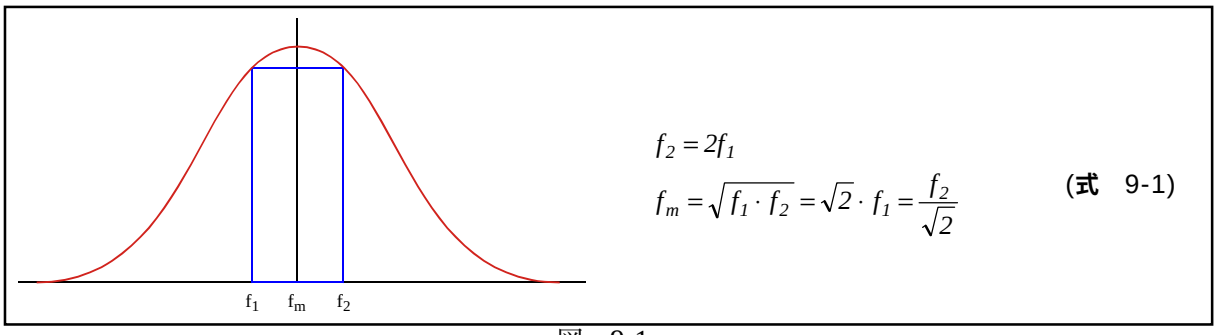
9-2 バンド幅の計算式

1/1・1/3 オクターブはある周波数帯域幅を持った複数のバンドから構成されています。
今、次のように規定すると：

f_1：下限遮断周波数
f_2：上限遮断周波数
f_m：中心周波数

各オクターブバンドに対して、次の関係式が成立します。

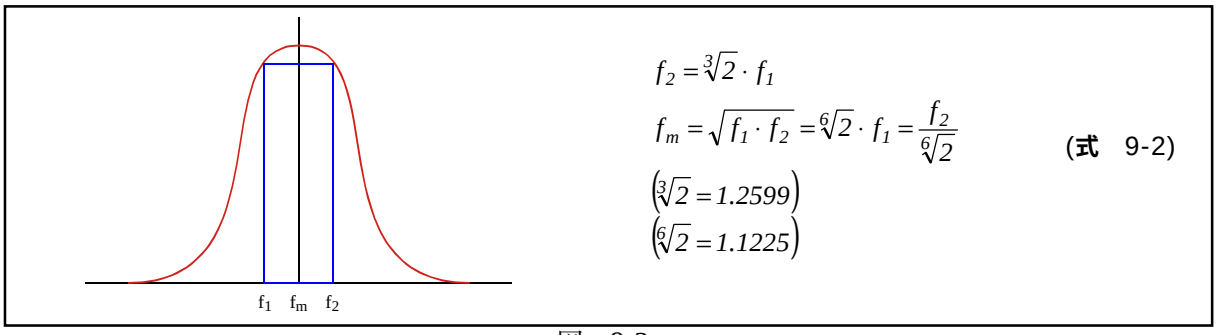
1/1 オクターブ



$$f_2 = 2f_1$$
$$f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt{2} \cdot f_1 = \frac{f_2}{\sqrt{2}} \qquad \text{(式 9-1)}$$

図 9-1

1/3 オクターブ



$$f_2 = \sqrt[3]{2} \cdot f_1$$
$$f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt[6]{2} \cdot f_1 = \frac{f_2}{\sqrt[6]{2}} \qquad \text{(式 9-2)}$$
$$\left(\sqrt[3]{2} = 1.2599\right)$$
$$\left(\sqrt[6]{2} = 1.1225\right)$$

図 9-2

【参考】:1/3 オクターブのデータより 1/1 オクターブのデータへの変換

既知の 1/3 オクターブデータの dB 値より対応する 1/1 オクターブバンドデータの dB 値へ変換するには、求めたい 1/1 オクターブバンドに対応する 1/3 オクターブバンドデータの dB 値の和を計算します。例えば、1/1オクターブの中心周波数1000Hzのバンドデータ値を求める場合、対応する1/3オクターブのバンドデータが次のような dB 値であるとき；

800Hz	73dB
1000Hz	77dB
1250Hz	75dB

中心周波数 1000Hz の 1/1 オクターブバンド値は次の式から求められます。

$$10 \log_{10}\left(10^{\frac{73}{10}} + 10^{\frac{77}{10}} + 10^{\frac{75}{10}}\right) = 80\,(dB) \qquad \text{(式 9-3)}$$

9-3 オーバオールレベルの計算

周波数分析を行うと、各周波数バンド毎のレベルが表示されます。この各バンド毎の騒音レベル（音圧レベル）の総和をとった合成レベルをオーバオールレベルといい、分析機器では、この値も同時に表示されます。

周波数分析では、A 特性補正をかけたり、かけなかったり（FLAT 特性）と、目的によって使い分けていますが、FLAT特性の周波数分析値からA特性補正のオーバオールレベルを算出するには各バンド毎の測定値から表9-2の補正値を加味した値（例えば、200Hzで55.6dBの補正後の値は、55.2 - 10.9 = 44.3dB）から求めることができます。今、周波数バンド毎のバンドレベルをL_1、L_2、.....、L_n（dB）としたとき、オーバオールレベルL（dB）は、次の式により求めることができます。

$$L = 10\log_{10}(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \cdots\cdots + 10^{\frac{L_n}{10}}) \qquad \text{（式 9-4）}$$

なお、この手法は防音対策で防音効果の特性表より対策後の予測等に応用され、よく使われています。

A特性補正値

中心周波数 (Hz)	補正値 (dB)	中心周波数 (HZ)	補正値 (dB)	中心周波数 (HZ)	補正値 (dB)
20	-50.5	200	-10.9	2000	+1.2
25	-44.7	250	-8.6	2500	+1.3
31.5	-39.4	315	-6.6	3150	+1.2
40	-34.6	400	-4.8	4000	+1.0
50	-30.2	500	-3.2	5000	+0.5
63	-26.2	630	-1.9	6300	-0.1
80	-22.5	800	-0.8	8000	-1.1
100	-19.1	1000	0	10000	-2.5
125	-16.1	1250	+0.6	12500	-4.3
160	-13.4	1600	+1.0		

表 9-2

9-4 オールパスとオーバオールの意味（ALLPASS、OVERALL）

オクターブ分析器によっては、オールパス（ALLPASS)、オーバオール（OVERALL）の表示があります。それぞれの言葉の意味は次のようになります。（第 6-1 章を参照してください）

(1) オールパス
AC out（音圧）の信号（マイクロホンの音信号）から直接全パワーを求め、表示した値です。

(2) オーバーオール
AC out（音圧）の信号をリアルタイムに 1/1、1/3 オクターブ分析し、その 1/1、1/3 オクターブバンドデータから、9-3 項の式で求め、表示した値です。

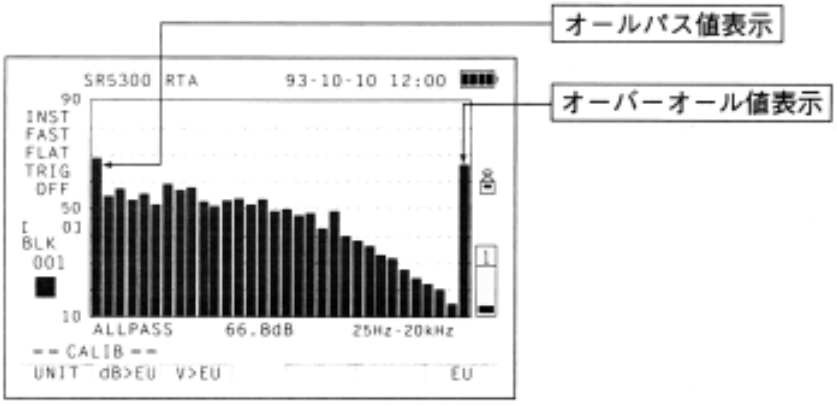


図 9-3

【参考】
オールパスとオーバオールの値に差がでる場合がありますが、それぞれ有効な値ですので、注意してください。オーバオール値が大きくなる場合は、９章のオクターブフィルタの特性をみると、フィルタの裾が広がっています。この裾部分は、隣のバンド分の漏れとして加味されます。騒音の周波数分布の様子で漏れの影響は違い、オーバオール値に影響します。
また、周波数帯域で考えるとオールパスの周波数帯域は、入力信号（例えばマイクロホンの周波数特性 20Hz ～ 20kHz）全域となり、オーバオールは、求めた周波数バンド分の帯域となりますので注意が必要です。

9-5 NC（noise criteria）

1957 年にアメリカのベラネック（Beranek、L.L.）によって提案された評価量で、空調騒音などの広帯域のスペクトルを持つ定常騒音を対象として、事務室内騒音の大規模な実態調査と、そこで働く職員へのアンケート調査を基にまとめられました。

対象とする騒音について、騒音のオクターブバンド毎の音圧レベルを図 9-4 に示した NC 曲線にプロットし、全てのバンドである基準曲線を下回るとき、その曲線の数値を評価量（NC 数）とします。

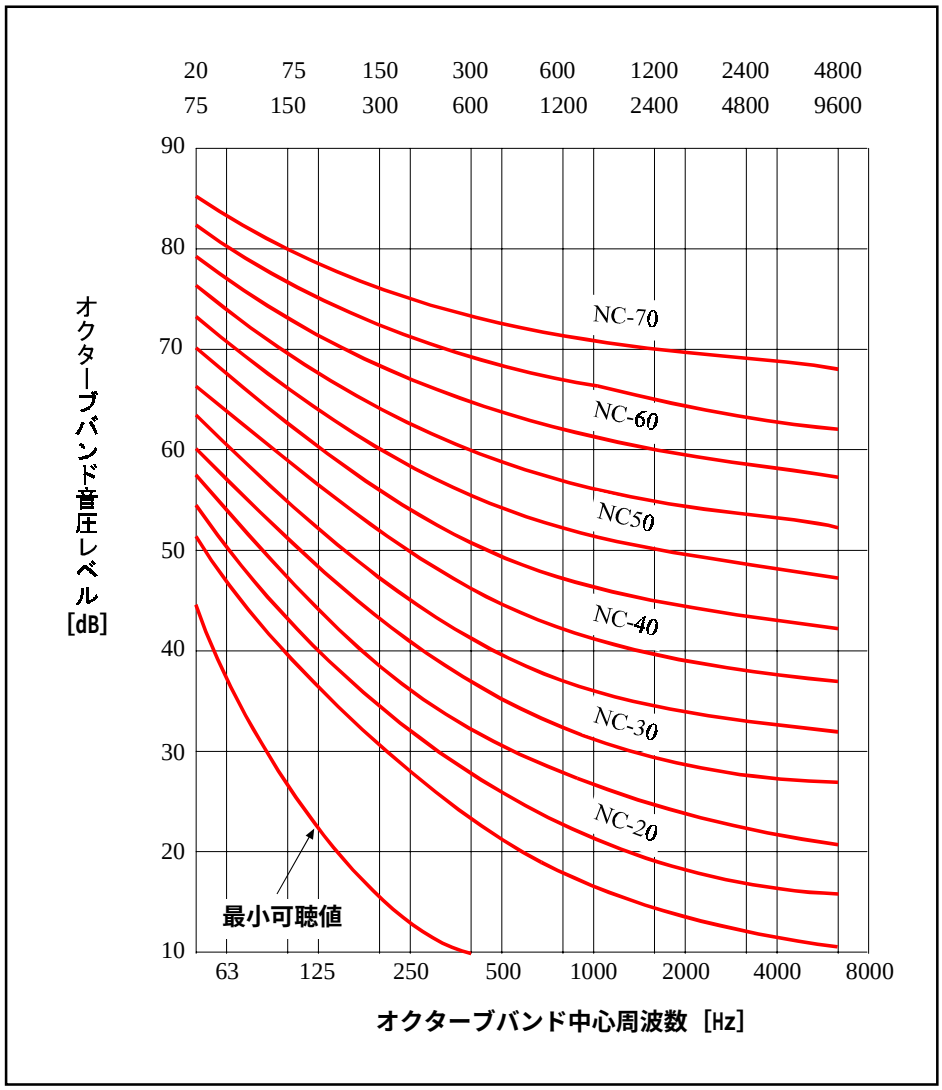


図 9-4　NC 曲線

下図 9-5 に弊社騒音計を使用しての 1/1 オクターブ分析値と NC 値の測定例を示します。なお、この測定の際、周波数特性は FLAT を使用します。

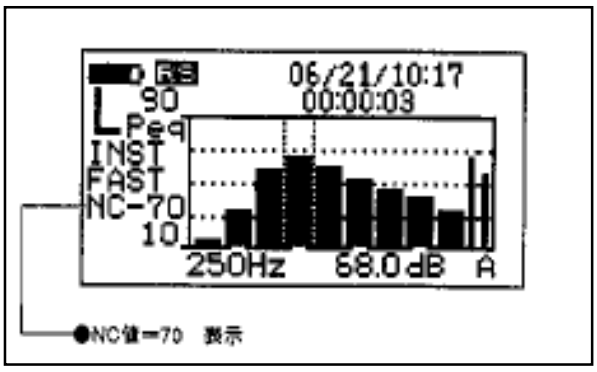


図 9-5

9-6 ラウドネス解析（ラウドネス、ラウドネスレベル、シャープネス）

ラウドネスレベルは、従来の騒音レベル（L_A）では考慮されなかった聴覚上のマスキング効果を含めた音の評価法で、より人の感覚に近い音の大きさを表します。

最近の家庭電化製品では「従来機に比べ1/2に静音」などとカタログ等でPRされていますが、その基になるのがラウドネスの値になります。

弊社LA-5000シリーズ騒音計、CF-5200シリーズFFTアナライザ等のリアルタイム1/3オクターブ分析データからラウドネス解析を行なうことができます。また、変動騒音の音質評価が可能なSQシリーズ音質評価システムも用意しております。

(1) ラウドネスとは

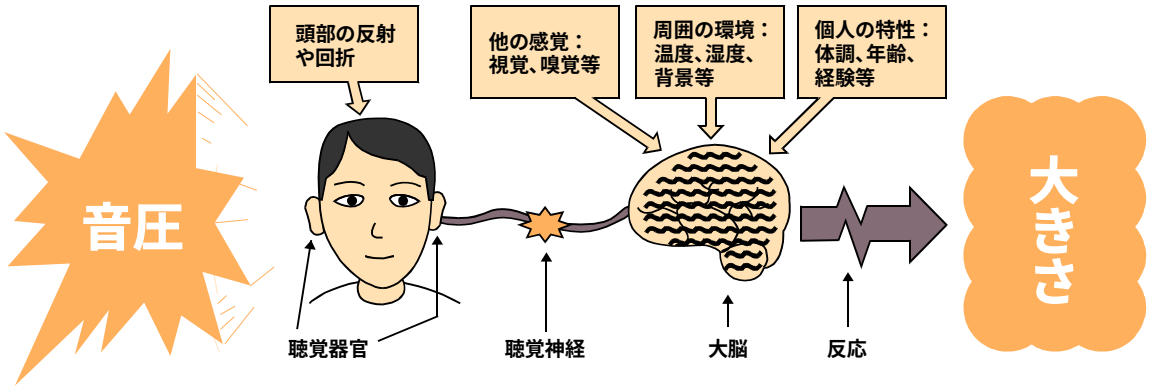


図　9-6

人が音を聞くとき、上図9-6のような様々な要因を考慮しながら判断をしています。聞きなれた音等は気にならないなど音に関する感じ方は心理的状態により個人差が有ります。心理的要素を含んだ評価はいろいろこころみられており弊社ではSQシリーズ音質評価システムで計測をしています。音質評価を表す諸量のうち音の大きさ（Loudness）にたいする聴覚感覚についてみると、物理的な測定量である音圧レベルに強く依存しており、騒音の評価量として一般的に使用されている騒音レベル（A特性音圧レベル A-weighted Sound Pressure Level）は聴覚を模倣するため40 phonの純音ラウドネス特性（等感曲線 ISO R226）を近似した周波数重みづけを施された音圧レベルとして考え出されました。しかし同じ音の大きさで2つの純音を聞いたとき周波数が離れていると2倍の大きさとして聞こえますが、接近した周波数の音の場合は2倍の大きさでなくそれより小さい音として聞こえ、これをマスキング効果といいます。騒音レベルは純音のラウドネス曲線の重みつけをしてもとめた量を表しているため、通常の騒音のように色々な周波数を含んだ音の場合には、人が感じる音の大きさと一致しません。より聴感にあった音の大きさを求めるためマスキング効果を考慮した方法が考えだされ、定常騒音に関するラウドネスの算出方法としてISO 532で規格化されました。この規格はStevens, S.S.の方法 A と Zwicker, E.の方法 B の2つがあり弊社ではISO 532Bに従って求めています。以下に補足解説をします。

(2) 等感曲線と音の大きさのレベル（phon）、音の大きさ（sone）

次ページ図9-7に等感曲線（ロビンソンーダットソン曲線）を示します。曲線に付してある数値は音の大きさのレベル（Loudness Level）で、1kHzの純音の音圧レベルdBと同じ値をphon（フォン）という単位で表し、1kHzの純音と同じ大きさに聞こえるそれぞれの周波数の音圧レベルを結んで等感曲線として示しています。40phonのときの等感曲線を近似しA特性フィルターとして採用されています。A特性の重み付けしてエネルギー加算評価した値が騒音レベルになります。しかし音の大きさのレベルは心理量でなく、一般の複雑な騒音では50phonの音が40phonの2倍の大きさに聞こえるわけでなくまた40phonの音2つを同時に聞いても50phonには聞こえません。そこで音の大きさを表す単位として1kHz 40dBSPLの音を1 sone（ソーン）として定義し、これと同じ大きさに聞こえる騒音の大きさを1 sone、その2倍の大きさは2 soneとして表します。

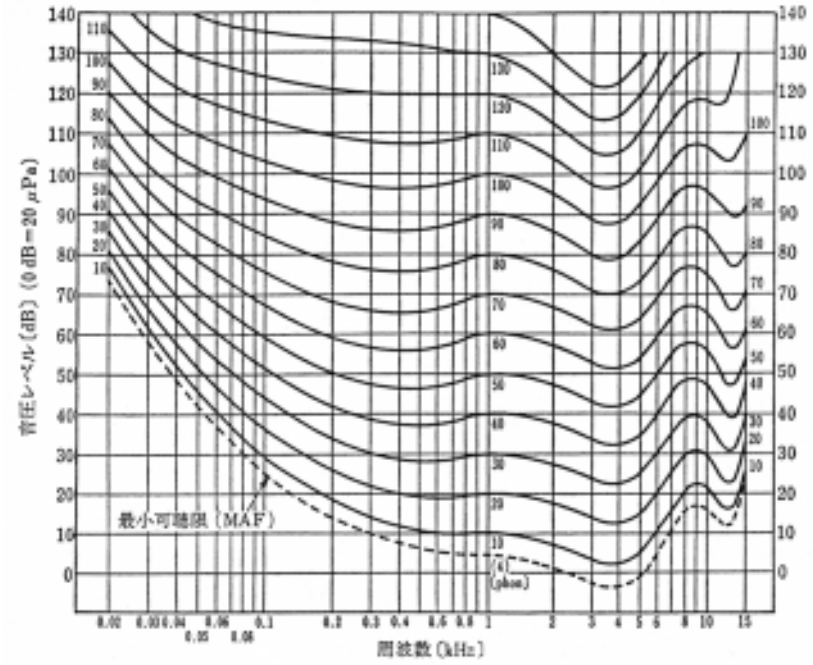


図 9-7　等感曲線（ロビンソン - ダットソン曲線 ISO R226）

また、これを音圧レベルL_p、騒音レベルL_Aが dB として表示されているように音の大きさも同じように dB に変換しその単位を phon として表します。音の大きさのレベル L（phon）と音の大きさ S（sone）の関係は L が 20 ～ 120phon の範囲では次式で表されます。

$$L = 40 + 10 \log_2 S \quad （または　\log_{10} S = 0.03(L - 40)）$$ **（式　9-5）**

この関係は音の大きさのレベルが10phon増加すると音の大きさが２倍変化することを表しています。（S = 2 sone のとき L = 50phon）

（注）：対数の底が dB では 10、phon では 2 となることに注意ください。

(2) 臨界帯域とラウドネス（Loudness）

人の耳は、音の周波数によりその音を感じる位置が異なり、あたかも周波数分析をしているようになっています。周波数分析のバンド幅に相当する帯域を臨界帯域といい、この臨界帯域ごとにマスキング効果を持つと考えることができます。例えば、下左図のように250Hz と 1kHz の純音の合成をすると、２倍の大きさに聞こえますが、250Hz と 500Hz の純音の合成は、２倍に聞こえないのは、臨界帯域が関係し、下右図のように 250Hz の音が 500Hz の音を覆い隠します。250Hz の音の大きさは斜線の面積部分にあたり、250Hzと500Hzの音の大きさ（ラウドネス）は下図の斜線部分の面積から求めます。500Hzの純音が250Hz

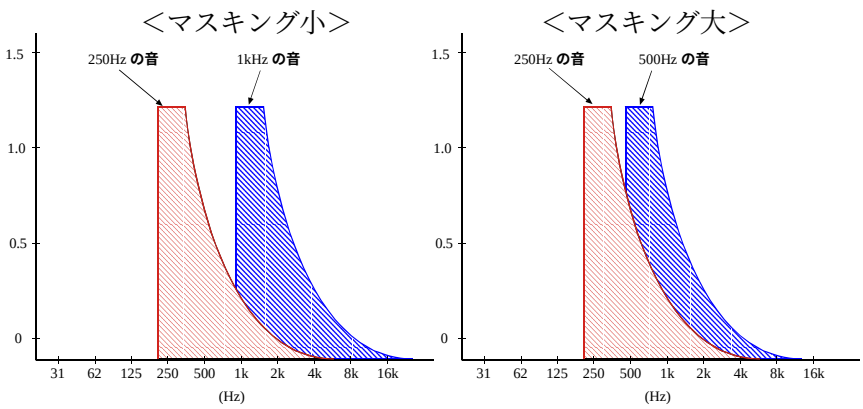


図 9-8

の純音にマスキングされた部分（重なった面積）は除かれますので、その値は 1 kHz のときに比べ小さい値になりなり、より聴感に近い音の大きさを表します。マスキング効果の特徴は 250Hz の斜線面積を見るとわかるように、低周波側ではマスキング量は少なく（近似的にマスキング無しとしています）、高周波側に発生する特徴を持ちます。また音が大きいほどマスキングする範囲は裾広がりになります。

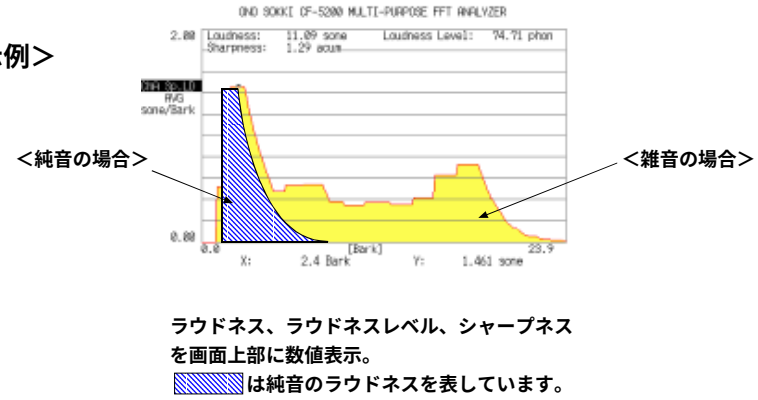
(3) シャープネス

シャープネス（音の鋭さ）とは、音の甲高さを表し、広域を強調したラウドネスと普通のラウドネスとの比として算出され、単位は acum（アキューム）です。一般的にラウドネスは迫力感（大きい、迫力がある、力強いなど）と、シャープネスは金属製（かたい、耳障りな、甲高い）との関係があると言われています。

(4) 測定例

マスキング効果を考慮して求めたラウドネス（sone）、それから求めたラウドネスレベル（phon）を簡易的に測定し、表示した例を下図に示します。

＜CF-5200 シリーズの表示例＞



ラウドネス、ラウドネスレベル、シャープネスを画面上部に数値表示。

は純音のラウドネスを表しています。

＜LA-5000 シリーズの表示例＞

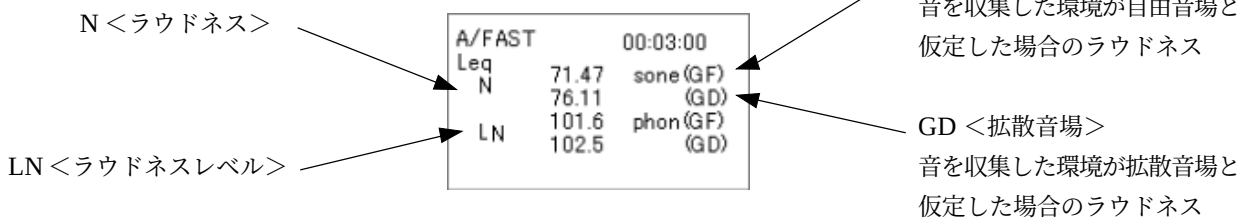


図 9-9

ISO 532B のラウドネス値は、フィルター特性は FLAT（平坦特性）、時定数は通常 FAST を使用し 1/3 オクターブのリアルタイム分析から求めます。

ラウドネスは、測定が無響室や広場など音の反響がない場所で測定する自由音場のときと、体育館、普通の部屋など音の反響がある場所で測定する拡散音場のときと、計算が変わりそれぞれ GF、GD のイニシャルを使ってその値を表示していますので、測定環境に合った方を採用してください。

（注）：正しく測定できる対象音は連続した定常音で、間欠音や衝撃音には適しませんのでご注意ください。当社製品SQシリーズ音質評価システムでは、間欠音や衝撃音等の変動騒音評価のため、時間変動を考慮したより高度の計算処理を行っています。

10. デシベル（dB）についての計算

2つの音源があり、それぞれ単独に発音したときの音圧レベルをL_1（dB）、L_2（dB）とすると、同時に2つの音源が発音した場合の音圧レベルは、単純なL_1+L_2の四則演算では求めることができません、これを求めるためにはdBの和の計算をする必要があります。ここでは、dBの基本的計算方法について記載します。

10-1 dB の和（パワー合計値）

複数の音源の合成された音圧レベルLを求めます。今、音源の音圧レベルL_1，L_2．.....L_n（dB）に対する音圧をp_1，p_2，.....p_nとすると；

$$L_1=10\log_{10}\frac{P_1^2}{P_0^2},\ L_2=10\log_{10}\frac{P_2^2}{P_0^2},\cdots,\ L_n=10\log_{10}\frac{P_n^2}{P_0^2} \qquad \text{(式 10-1)}$$

ここで、p_0は基準値（p_0=20 μ pa）です。上の式を指数表記で表すと；

$$\frac{P_1^2}{P_0^2}=10^{\frac{L_1}{10}},\frac{P_2^2}{P_0^2}=10^{\frac{L_2}{10}},\cdots,\frac{P_n^2}{P_0^2}=10^{\frac{P_n}{10}} \qquad \text{(式 10-2)}$$

となり、これらの和のdB値Lは；

$$L=10\log_{10}\left(\frac{P_1^2+P_2^2+\cdots+P_n^2}{P_0^2}\right)=10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1}{10}}+10^{\frac{L_2}{10}}+\cdots+10^{\frac{L_n}{10}}\right) \qquad \text{(式 10-3)}$$

となり、このLが求める合成音圧レベルとなります。

例えば、80dBと70dBの和は次のように計算されます。

$$\begin{aligned}L&=10\log_{10}(10^8+10^7)=10\log_{10}10^7(10+1)\\&=10\log_{10}10^7+10\log_{10}11=70+10.4=80.4\ dB\end{aligned} \qquad \text{(式 10-4)}$$

なお、このようにdBの和を求めることをdBの合成ということがあります。

10-2 dB の平均（パワー平均値）

10-1項のn個の和の平均$\bar{L}$は、パワーの和を取った値をnで割り、そのdB値を求めることになります。すなわち；

$$\bar{L}=10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\frac{P_1^2+P_2^2+\cdots+P_n^2}{P_0^2}\right)=L-10\log_{10}n \qquad \text{(式 10-5)}$$

で計算されます。ここでLは、先の10-1項で求めた和です。従って、dBの和から$10\log_{10}n$を引けば平均が求まります。例えば、80dBと70dBのパワー平均値は次のように計算されます。

$$\begin{aligned}\bar{L}&=10\log_{10}\left\{\frac{1}{2}(10^8+10^7)\right\}=10\log_{10}(10^8+10^7)-10\log_{10}2\\&=80.4-3=77.4\ \ dB\end{aligned} \qquad \text{(式 10-6)}$$

10-3 dB の差（パワー差）

L_1（dB）と L_2（dB）の差の L' は；

$$L' = 10\log_{10}\left(\frac{P_1^{\,2} - P_2^{\,2}}{P_0^{\,2}}\right) = 10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}}\right) \qquad \text{(式 10-7)}$$

で求められます。従って、例えば、80dB と 70dB の差は；

$$L' = 10\log_{10}(10^8 - 10^7) = 10\log_{10} 10^7\,(10-1)$$
$$= 10\log_{10} 10^7 + 10\log_{10} 9 = 70 + 10\times 0.95 = 79.5\,dB \qquad \text{(式 10-8)}$$

となります。dB の差の計算は、例えば特定騒音測定における暗騒音補正として使用されます。特定騒音と暗騒音の含まれた測定値を L_1（dB）とし、特定騒音のない時の測定値（暗騒音）を L_2（dB）として、その差としての特定騒音のレベルを求めることができます。

10-4 対数計算の公式

ここでは、対数計算の公式を記載します。

【基本性質】

1000 は指数で表すと 10^3 となりますが、この関係を 10 を底とする対数 log_{10} を用いて表わすと、$\log_{10} 10^3 = 3$ となります。一般的には；

$$A = 10^L \text{ の時、} \quad \log_{10} A = \log_{10} 10^L = L \qquad \text{(式 10-9)}$$

のように表わします。この場合、10 を底とする A の対数は L であるといい、A すなわち 10^L を対数値 L の真数といいます。騒音計算でよく使う真数と対数の関係を以下に記載します。

①	$A = 10^L$ $\log_{10} A = \log_{10}(10^L) = L$	⑤	$10\log_{10} 1 \cong 10\log_{10}(10^0) = 0$ $10\log_{10} 2 \cong 10\log_{10}(10^{0.3}) = 3$ $10\log_{10} 3 \cong 10\log_{10}(10^{0.5}) = 5$ $10\log_{10} 5 \cong 10\log_{10}(10^{0.7}) = 7$ $10\log_{10} 10 \cong 10\log_{10}(10^1) = 10$
②	$10\log_{10}(A\times B) = 10\log_{10} A + 10\log_{10} B$		
③	$10\log_{10}\left(\frac{A}{B}\right) = 10\log_{10} A - 10\log_{10} B$		
④	$10\log_{10} A^n = 10n\log_{10} A$		

表 10-1

10-5 等価騒音レベルの計算方法

JIS Z 8731 では、一般環境、作業環境などの騒音評価に用いる等価騒音レベルの測定方法を規定しています。等価騒音レベルは¤その演算機能を内蔵した積分形騒音計を使用することにより¤自動的に求めることができますが¤等価騒音レベル演算機能を持たない騒音計であっても、測定された騒音レベル値から次のように dB の平均値計算によって求めることができます。

一定時間間隔で測定した騒音レベルからその測定時間（実測時間）の等価騒音レベル L_{Aeq} を求める場合は、次式によって計算します。

$$L_{Aeq,T} = 10\log_{10}\left[\frac{1}{n}\left(10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \cdots + 10^{\frac{L_{An}}{10}}\right)\right] (dB) \qquad (式\ \ 10\text{-}10)$$

ここで、T は実測時間、ｎは測定値の総数、L_{A1}、L_{A2}、L_{An} は騒音レベルの測定値（dB）です。

10-6 時間率騒音レベルの求め方（50 回法）

変動騒音を測定評価する方法として、時間率騒音レベルがあります。時間率騒音レベルを求めるには、初めに、動特性を FAST にして、5 秒毎の測定データを 50 個採取し、採取時間順に表 10-2 の A 欄のように記載します。次に、このデータからレベル毎の個数（度数）を求め、表 10-2 の B の様に個数欄に記入します。騒音レベルの表示は、通常小数点以下１桁まで読みとりますが、評価する分解能により分割レベルを決め個数を求めます。ここでの例では、説明がしやすいように 1dB 毎に分割しています。さらに、同表 10-2 の B の累計欄に騒音レベルの低い順に加算した累計を記入し累積度数を求めます。ここでの累積度数データを使用して、累計欄の数値、ここでは 1，4，7... を Y 軸に、それぞれに対応した騒音レベル 64.5，65.5，66.5... を X 軸にとって、次ページ図 10-1 の様にプロットし、各値を結んでなめらかな曲線（修正曲線）を描いて、累積度数分布曲線を求めます。この分布曲線より右側の % 目盛りからその曲線の 95% の値を読みとります。この値が 90% レンジの上端値 L_5 です。同様に、50% の値が中央値 L_{50}、5% の値が 90% レンジの下端値 L_{95} となります。

A　50 回の測定値(dB 値)

回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dB	66	65	64	67	68	69	70	71	73	72
回	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
dB	73	72	74	68	67	69	67	70	78	80
回	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
dB	77	76	85	73	66	67	69	70	68	65
回	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
dB	67	70	71	72	75	68	67	65	77	80
回	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
dB	74	75	68	66	73	70	82	69	67	68

B　測定値 1dB 毎の個数と累計

	64dB	65dB	66dB	67dB	68dB	69dB	
個数	1	3	3	7	6	4	
累計	1	4	7	14	20	24	
	70dB	71dB	72dB	73dB	74dB	75dB	
個数	5	2	3	4	2	2	
累計	29	31	34	38	40	42	
	76dB	77dB	78dB	79dB	80dB	81dB	
個数	1	2	1	0	2	0	
累計	43	45	46	46	48	48	
	82dB	83dB	84dB	85dB			
個数	1	0	0	1			
累計	49	49	49	50			

表 10-2

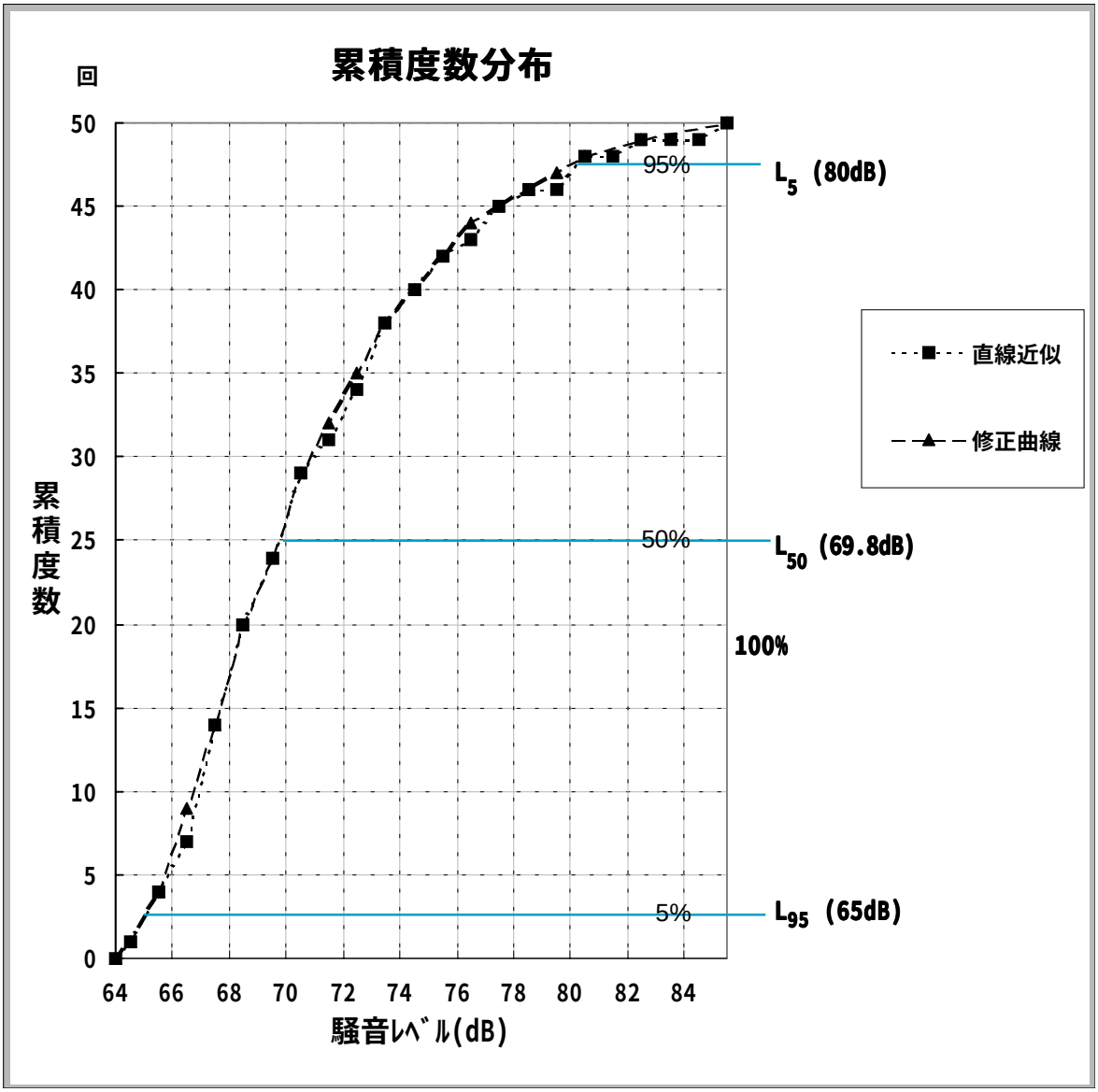

累積度数分布
回
累積度数
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82
84
騒音ﾚﾍﾞﾙ(dB)
95%
L5 (80dB)
50%
L50 (69.8dB)
100%
5%
L95 (65dB)
直線近似
修正曲線

図 10-1

11. 騒音に関する法律

騒音に関連する我が国の主な法律とその内容は下記の様になります。これを基にして、政令・条例が定められ、監督官庁がそれぞれ管轄しています。実際には、公害関係は各都道府県、市町村の「公害課」や「環境衛生課」「市民生活課」等の窓口で、企業の労働安全衛生の関係では、各都道府県ならびに国の労働基準監督署が実務を行っています。

- 環境基本法（環境庁）
  - ・環境騒音に関する基準
  - ・航空機騒音に関する基準
  - ・新幹線鉄道騒音に関する基準
  - ・在来線鉄道騒音に関する基準

- 騒音規制法（環境庁）
  - ・特定施設・工場騒音に関する基準
  - ・特定建設作業騒音に関する基準
  - ・自動車交通騒音及び自動車騒音に関する基準
  - ・深夜営業、拡声器などによる騒音に関すること（基準は市町村条例による）

- 環境影響評価法＜環境アセスメント法＞（環境庁）

- 消防法施工規則（自治省消防庁）
  - ・警報器の音などの基準

- 作業環境規制法（労働省）

- 大規模小売店舗立地法（通産省）

なお、環境基本法は 1999 年 4 月に、騒音規制法の一部が 2000 年 4 月に改定されました。また、環境アセスメント法は、1999 年 6 月に施行されています。

（注）：作業環境規制法に関する解説資料として「作業環境 Q&A 集」を用意しております。最寄りの弊社営業所へお問い合わせください。

【参考】：　官庁のホームページで法規の概要を見ることが出来ます。
環境省の URL は下記になります。環境省のホームページから各官庁にジャンプできます。

環境庁 http://www.env.go.jp/

11-1 騒音に係る環境基準について（平成 10 年環境庁告示第 64 号）

我が国の環境基本法においては、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、終局的に、大気、水、土壌、騒音をどの程度に保つことを目標に施策を実施していくのかという目標を定めたものです。

環境基本法第１６条第１項の規定に基づき、騒音に係る環境上の条件について生活環境を保全し、人の健康の保護に資する上で維持されることが望ましい基準として「騒音に関わる環境基準について」告示され、1999年４月１日より実施されました。

騒音による環境汚染の改善目標、すなわち騒音防止目標と考えることができます。

その他「航空機に係わる環境基準」、「新幹線鉄道に係わる環境基準」、「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針」については従来と同じで、変更はありません。

詳細については本法をご覧ください。

（1） 環境基準

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
AA	５０デシベル以下	４０デシベル以下
A及びB	５５デシベル以下	４５デシベル以下
C	６０デシベル以下	５０デシベル以下

- 環境基準は、地域の類型及び時間の区分ごとに次表の基準値の欄に掲げるとおりとし、各類型を当てはめる地域は、都道府県知事が指定する。
- 時間の区分は、昼間を午前６時から午後１０時までの間とし、夜間を午後１０時から翌日の午前６時までの間とする。
- ＡＡを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
- Ａを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
- Ｂを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
- Ｃを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

表 11-1

ただし、「道路に面する地域」については、次表の基準値の欄に掲げるとおりとする。

地域の区分	基準値	
	昼間	夜間
Ａ地域のうち２車線以上の車線を有する道路に面する地域	６０デシベル以下	５５デシベル以下
Ｂ地域のうち２車線以上の車線を有する道路に面する地域及びＣ地域のうち車線を有する道路に面する地域	６５デシベル以下	６０デシベル以下

備考
車線とは、１縦列の自動車が安全かつ円滑に走行するために必要な一定の幅員を有する帯状の車道部分をいう。

表 11-2

幹線交通を担う道路に近接する空間については、上表にかかわらず、特例として次表の基準値の欄に掲げるとおりとする。

基　準　値	
昼　間	**夜　間**
７０デシベル以下	**６５デシベル以下**
備考 **個別の住居等において騒音の影響を受けやすい面の窓を主として閉めた生活が営まれていると認められるときは、屋内へ透過する騒音に係る基準（昼間にあっては４５デシベル以下、夜間にあっては４０デシベル以下）によることができる。**	

表 11-3

上記環境基準の基準値は、次の方法により評価した場合における値とする。

（1）評価は、個別の住居等が影響を受ける騒音レベルによることを基本とし、住居等の用に供される建物の騒音の影響を受けやすい面における騒音レベルによって評価するものとする。この場合において屋内へ透過する騒音に係る基準については、建物の騒音の影響を受けやすい面における騒音レベルから当該建物の防音性能値を差し引いて評価するものとする。
（2）騒音の評価手法は、等価騒音レベルによるものとし、時間の区分ごとの全時間を通じた等価騒音レベルによって評価することを原則とする。
（3）評価の時期は、騒音が１年間を通じて平均的な状況を呈する日を選定するものとする。
（4）評価のために測定を行う場合は、原則として JIS Z 8731 に定める騒音レベル測定方法による。当該建物による反射の影響が無視できない場合にはこれを避けうる位置で測定し、これが困難な場合には実測値を補正するなど適切な措置を行うこととする。また、必要な実測時間が確保できない場合等においては、測定に代えて道路交通量等の条件から騒音レベルを推計する方法によることができる。
（5）なお、著しい騒音を発生する工場及び事業場、建設作業の場所、飛行場並びに鉄道の敷地内並びにこれらに準ずる場所は、測定場所から除外する。
（6）この環境基準は、航空機騒音、鉄道騒音及び建設作業騒音には適用除外とする

環境基準の達成状況の地域としての評価は、次の方法により行うものとする。

（1）道路に面する地域以外の地域については、原則として一定の地域ごとに当該地域の騒音を代表すると思われる地点を選定して評価するものとする。
（2）道路に面する地域については、原則として一定の地域ごとに当該地域内の全ての住居等のうち、（１）の環境基準の基準値を超過する戸数及び超過する割合を把握することにより評価するものとする。

(2) 航空機騒音に関する環境基準

地域の類型	基準値（WECPNL） dB 以下
I 専ら住居の用に供される地域	70
II I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	75

- 1 日当たりの離着陸回数が 10 回以下の飛行場及び離島にある飛行場の周辺域には適用しない。
- 騒音測定方法
  - ◇ 原則として連続 7 日間測定し、暗騒音より 10dB 以上大きいピーク騒音レベル及び機数を記録し、次式により 1 日毎の WECPNL を算出し、そのすべての値をパワー平均する。

$$WECPNL = \overline{dB} + 10\log_{10}\left[N_2 + 3N_3 + 10\left(N_1 + N_4\right)\right] - 27$$

$\overline{dB}$：1 日のすべてのピークレベルのパワー平均

N_1：午前 0 時から午前 7 時までの間の機数

N_2：午前 7 時から午後 7 時までの間の機数

N_3：午後 7 時から午後 10 時までの機数

N_4：午後 10 時から午後 12 時までの間の機数

  - ◇ 航空機騒音を代表すると認められる地点を選び屋外で行う。
  - ◇ 航空機の飛行状況及び風向き等の気象条件を考慮して航空機騒音を代表すると認められる時期を選ぶ。
  - ◇ 騒音計の A 特性、slow を使用

表 11-4

(3) 新幹線鉄道騒音に関する基準

地域の類型	基準値（WECPNL） dB 以下
I 主として住居の用に供される地域	70
II 商工業用に供される地域等 I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	75

- 午前 6 時から午後 12 時までの間について適用
- 各類型を当てはめる地域は、都道府県知事が指定。
- 騒音測定方法
  - ◇ 登り、下りの列車をあわせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、通過列車毎のピークレベルを読みとり、上位半数のものをパワー平均する。
  - ◇ 新幹線鉄道騒音を代表すると認められる地点の他、新幹線鉄道騒音が問題となる地点を選び、屋外で原則として地上 1.2m の高さで測定。
  - ◇ 特殊な気象条件にある時期及び列車速度が通常時より低いと認められる時期をさける。
  - ◇ 騒音計の A 特性、slow を使用

表 11-5

11-2 騒音規制法について

工場等の事業活動によって発生する騒音の規制及び自動車騒音の許容限度を定めるため昭和43年6月10日に公布、同年12月1日に施行されたました。

第1条ではこの法律の目的は「この法律は、工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる騒音について必要な規制を行うとともに、自動車騒音に係る許容限度を定めること等により、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資することを目的とする」となっていて、「特定工場等に関する規制」、「特定建設作業に関する規制」、「自動車騒音に係る許容限度等」が規制されています。「自動車騒音に係る許容限度等」は自動車が発する騒音について「自動車騒音の大きさの許容限度」と、環境騒音に付いて「指定地域内における自動車騒音の限度を定める命令」があり、それぞれ改訂され2000年4月1日から施行されました。以下に騒音規制法の抜粋を掲げましたので参考としてください。なお、詳細については本法ならびに、これに基づいて定められた県、市町村条例など関連法令をご覧ください。

(1) 特定工場などにおいて発生する騒音の規制に関する基準

区域の区分	時間の区分			備考
	昼間	朝・夕	夜間	
	（午前7、8時～午後6、7、8時）	（午前5、6～7、8時）（午後6、7、8～9、10、11時）	（午後9、10、11時～翌午前5、6時）	
（第1種区域）良好な住居の環境を保全するために、特に静穏の保持を必要とする区域	４５～５０dB以下	４０～４５dB以下	４０～４５dB	・基準値は工場敷地境界線における騒音レベル ・時間の区分は地域の生活態様に応じて決める
（第2種区域）住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域	５０～６０	４５～５０	４０～５０	
（第3種区域）住居のように併せて商業・工業等のように供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、騒音の発生を防止する必要がある区域	６０～６５	５５～６５	５０～５５	
（第4種区域）主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい騒音の発生を防止する必要がある区域	６５～７０	６０～７０	５５～６５	

表 11-6

(2) 特定建設作業において発生する騒音の規制に関する基準

作業の種類		規制基準	条件				備考
			夜間または深夜作業	1日の作業時間	作業期間	日曜日、その他休日	
1.くい打ち機、くい抜き機または、くい打ち､くい抜き機を使用する作業	もんけんを除く。 圧入式くい打ち、くい抜き機を除く。 くい打ち機をアースオーガーと共用する作業を除く。	85dB以下	①の区域午前7時～翌午前7時 ②の区域午後10時～翌午前6時の間禁止	①の区域 10時間 ②の区域 14時間	同一場所で連続 6日間	禁止	・①の区域は、第1、第2､第3種区域及び学校、保育所、病院、患者を収容する施設を持つ診療所、図書館、特別擁護老人ホームの敷地の周囲おおむね 80m 以内の区域 ・②の区域は、①の区域以外の区域 ・条件については、非常事態、危険防止等による適用除外あり
2.びょう打ち機を使用する作業							
3.削岩機を使用する作業	作業地点が連続的に移動する作業にあっては、1日における当該作業の2地点間の最大距離が 50m を超えない作業に限る						
4.空気圧縮機を使用する作業	電動機以外の原動機を用いるものは、原動機の定格出力が 15kW 以上のものに限る。 削岩機の動力として使用する作業を除く。						
5.コンクリートプラントまたはアスファルトプラントを設けて行う作業	混練機の混練容量が 0.45m3 以上のものに限る。 混練機の混練重量が200kg以上のものに限る。 モルタルを製造するためにコンクリートプラントを設けて行う作業を除く。						

1. 騒音の測定は、計量法第 71 条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。この場合において、周波数補正回路は A 特性を、動特性は早い動特性（FAST）を用いることとする。
2. 騒音の測定方法は当分の間、日本工業規格 Z 8731 に定める騒音レベル測定方法によりものとし、騒音の大きさの決定は次の通りとする。
   (1) 騒音計の指示値が変動せず、又は変動が少ない場合は、その指示値とする。
   (2) 騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値がおおむね一定の場合は、その変動ごとの指示値の最大値の平均値とする。
   (3) 騒音計の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、測定値の 90 パーセントレンジの上端の数値とする。
   (4) 騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値が一定でない場合は、その変動ごとの指示値の最大値の 90 パーセントレンジの上端の数値とする。

表 11-7

(3) 自動車騒音に係わる許容限度

基準値がL_{50}からL_{Aeq}に2000年4月1日より変わりました。

要請限度値

(指定地域内における自動車騒音の限度を定める総理府令)

	区域の区分	時間の区分	
		昼間	夜間
1	a区域およびb区域のうち１車線を有する道路に面する区域	６５dB	５５dB
2	a区域のうち２車線以上の車線を有する道路に面する区域	７０dB	６５dB
3	b区域のうち２車線以上の車線を有する道路に面する区域およびc区域のうち車線を有する道路に面する区域	７５dB	７０dB
上表に掲げる区域のうち幹線交通を担う道路に近接する区域（２車線以下の車線を有する道路の場合は道路の敷地の境界線から１５m、２車線を超える車線を有する道路の場合は道路の敷地の境界線から２０mまでの範囲をいう。）に係わる限度は上表にかかわらず昼間においては７５dB、夜間においては７０dBとする。			
学校、病院など特に静穏を必要とする施設が集合している区域などでは都道府県知事、市長および都道府県考案委員会が協議して定めることができる。 a，b，c区域とは それぞれ次に掲げる区域として都道府県知事が定めた区域をいう。 a区域：専ら住居の用に供される区域 b区域：主として住居の用に供される区域 c区域：相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される区域 昼間：午前６時～午後１０時 夜間：午後１０時～翌日６時 幹線交通：高速道路、一般国道、自動車専用道路、都道府県道、４車線以上の市町村道			

表 11-8

自動車騒音の測定方法

(1) 騒音の測定は道路に接して住居、病院、学校等の用に供される住居等が存在している場合には道路の敷地の境界線において行う。道路から距離をおいて住居等が存している場合には住居等に到達する騒音の大きさを測定できる地点において測定する。測定を行う高さは、当該地点の鉛直方向において生活環境の保全上騒音が最も問題となる位置とする。交差点を避ける。

(2) 測定は連続する7日間のうち当該自動車騒音の状況を代表すると認められる3日間について等価騒音レベルにより評価する。騒音の大きさは測定した値を時間の区分毎に3日間の原則として全時間を通じてエネルギー平均した値とする。

(3) 騒音の測定は計量法第71条の条件に合格した騒音計を用い、JIS Z 8731に定める騒音レベルの測定方法により建築物による反射の影響を避けうる位置で測定する。影響を避けられないときは、その影響を勘案し実測値を補正する。自動車騒音以外の騒音による影響がある場合はこれらの影響を勘案し実測値を補正する。

（4）自動車騒音の大きさの許容限度

騒音規制法に基づく「自動車騒音の大きさの許容限度（環境庁告示）」は2000年2月に改正され、現行値と比較して加速走行騒音で1dB～3dB、定常走行騒音で1dB～6.1dB、近接排気騒音で5dB～8dB低減されることになります。また、規制強化対象自動車に対する騒音測定方法についても変更されました。詳細は割愛させて頂きます。

11-3 環境影響評価法の概要

環境影響評価法（環境アセスメント法）は環境基本法を受けて、土地の形状の変更、工作物の新設などの事業を行う事業者がその事業を実施するにあたりあらかじめ環境影響評価を行うことが環境の保全上極めて重要であるとの認識に立ち、国等の責務を明らかにするとともに、環境影響評価が適切かつ円滑に行われるための手続等を定め、環境影響評価の結果を事業の内容に反映させ環境の保全について適正な配慮がなされる措置をとることにより、現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に資することを究極的な目的として制定され、1999年6月に施行されました。

環境アセスメントは1969年アメリカで制度化され、現在の環境汚染問題の高まりから世界各国で法制化が進んでいます。

環境影響評価とは；

(1) 事業実施の環境影響についてあらかじめ環境の構成要素の項目ごとに調査、予測及び評価を行う。（スコーピング）
(2) 事業施行中の過程において事業に係る環境の保全が保たれているか、保たれるための措置及び検討を行う。
(3) 施行後、及びその措置が講じられた場合における環境影響の総合的な評価、

という事業者内部において行われる行為を指します。

● スクリーニングとスコーピング

規模が大きく環境に著しい影響を及ぼすおそれがあり、かつ、国が実施し、又は許認可等を行う事業を選定し、必ず環境影響評価をしなくてはいけない一定規模以上の事業（「第一種事業」）を定めるとともに、第一種事業に準ずる規模を有する事業（「第二種事業」）を定め、それぞれの事業や地域の違いを踏まえ環境影響評価の実施の必要性を協議することという仕組み（スクリーニング）を規定しています。

第1種として高速自動車国道・一般国道・大規模林道の新設及び改築の事業、発電用・ダムの新築・堰(せき)の新築及び改築事業、鉄道・空港の建設及び改良事業、一般廃棄物、産業廃棄物の最終処分場の設置や変更事業、水面の埋立て及び干拓事業、土地区画整、工業団地造成、新住宅市街地開発、新都市基盤整備、流通業務団地造成事業などが指定されています。

環境影響評価を実施するにあたり、評価を進めるための効果的な調査項目や手法を決めておく作業（スコーピング）が規定されています。事業計画は広告され広く住民からの意見を受け付けることとなりました。当社では、騒音に対して、環境騒音予測ソフトウェア「SoundPLAN」を用意しております。

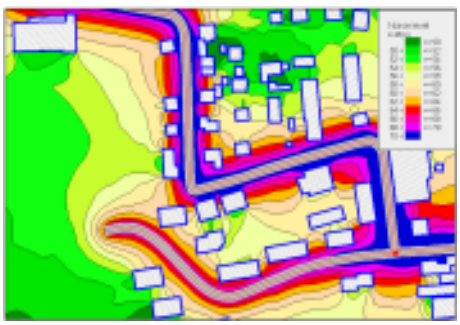


図 11-1

11-4 日本の環境騒音測定における騒音評価量のまとめ

種　類	評価量	法律	JIS Z 8731 引用
道路交通騒音	等価騒音レベル L_{Aeq}（SLOW）	環境基本法	新
鉄道（新幹線）騒音	L_A（SLOW）のピーク値のパワー平均		旧
鉄道（在来線）騒音	L_{AE} より L_{Aeq} を求める		
航空機騒音	WECPNL　L_A（SLOW）		
工場・事業場・建設作業騒音	定常騒音の場合　その指示値 L_A（SLOW）	騒音規制法	
	変動騒音の場合：90%レンジの上端値（L_5）＜L_A（FAST）より求める＞		
	間欠騒音の場合： ・　最大値が一定の場合はその平均値 ・　最大値が変動する場合は 90%レンジの上端値（L_5）＜L_A（SLOW）より求める＞		
自動車交通騒音	等価騒音レベル L_{Aeq}		新
自動車単体騒音	L_A（FAST）		
作業環境騒音	L_{Aeq}（SLOW）10 分間の等価騒音レベル	労働安全衛生規則	

表 11-9

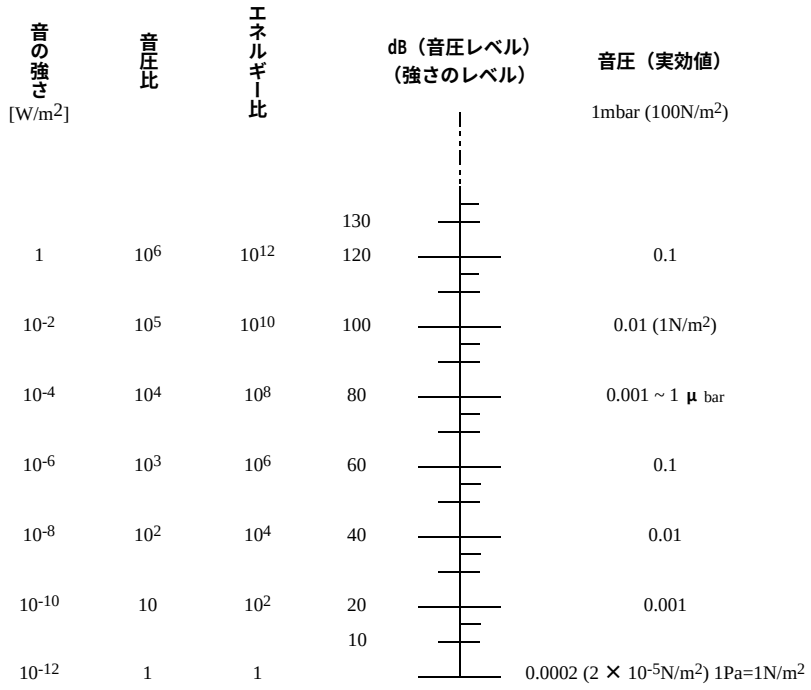
12. 音の物理尺度

12-1 音圧レベル

ある音の音圧の実効値をp（Pa)、基準となる音圧の実効値をp_0（Pa）としたとき、”音圧レベル”L_p（dB）は；

$$L_p = 10\log_{10}\frac{p^2}{{p_0}^2} \qquad \text{(式 12-1)}$$

で与えられます。基準音圧p_0は空気中の音の場合20μPaであり、ほぼ正常の聴覚を有する人間の1kHzの純音に対する最小可聴値となります。図12-1は、音圧p（Pa）と音圧レベルL_p（dB）の関係を示したもので、音圧20μPaは音圧レベル0dB、1Paは94dB、20Paは120dBになります。なお、可聴音ではありませんが、圧力の変動が0.1気圧あったとすると、音圧レベルは174dBとなります。



音圧 p と音圧レベル L_p の関係

図 12-1

12-2 音の強さのレベル（sound intensity level）

空間を伝搬している音圧の実効値をp (Pa)、音波によって振動している媒質粒子の粒子速度をu (m/s)とすれば、音波の進行方向に垂直な単位面積を単位時間に通過する音のエネルギーI (W/m²)は；

$$I = p\,u \qquad \text{(式 12-2)}$$

で与えられます。このエネルギーを”音の強さ”I (W/m²)と呼びます。

音波が平面波（波面が波の伝搬方向に垂直な平面である波）であれば、媒質の体積密度をρ (kg/m³)、媒質中の音速をc (m/s)として、

$$u = \frac{p}{\rho\, c} \qquad \text{(式 12-3)}$$

が成り立ちます。上式を式12-2に代入すれば、音の強さIは；

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \qquad \text{(式 12-4)}$$

となります。例えば、温度20℃の時、空気の体積密度ρ$_0$は1.205kg/m^3、音速c$_0$は343m/sですので、空気中を伝搬する音波（ただし、平面波）に関して、音圧の基準値p$_0$=2×10^{-5}Paに相当する音の強さIは；

$$I = \frac{{p_0}^2}{\rho_0 c_0} = \frac{\left(2\times10^{-5}\right)^2}{1.205\times343} = 0.968\times10^{-12} \quad W/m^2 \qquad \text{(式 12-5)}$$

となります。この値は、10^{-12}W/m^{2}にきわめて近く、音圧の基準値p$_0$に対応する音の強さの基準値I$_0$として、この値（10^{-12}W/m^2）を用いることが、国際的に取り決められています。

音圧レベルの場合と同様に、”音の強さのレベル”L_1 (dB)は上述のI$_0$を基準の音の強さにとり；

$$L_1 = 10\log_{10}\frac{I}{I_0} \qquad \text{(式 12-6)}$$

で定義されます。音の強さの基準値I$_0$は、平面音波について求められた値でしたが、音の強さのレベルの式12-6は、一般の音波の場合にも用いられます。また、平面音波については、式12-4が成り立ちますので、温度20℃における音の強さのレベルは；

$$L_1 \approx 10\log_{10}\frac{\dfrac{p^2}{\rho_0 c_0}}{\dfrac{{p_0}^2}{\rho_0 c_0}} = 10\log_{10}\frac{p^2}{{p_0}^2} = L_p \qquad \text{(式 12-7)}$$

となり、音圧レベルにほぼ一致します。ただし、空気の体積密度と音速は温度の関数であるから、温度が20℃以外の場合には、音圧レベルと音の強さのレベルは一致せず、0.2～0.3dB程度の違いが生じます。また、音源の近傍などでは、音波が平面波と見なせなくなるため、音圧から単純に音の強さのレベルを求めることはできません。

12-3 音響パワーレベル（sound power level）

媒質中を伝搬する音波は、エネルギーの流れであると考えることができ、このエネルギーを音響エネルギーといいます。そこで、この音響エネルギーの大きさを表す量として、ある指定された面を単位時間に通過する音響エネルギーを考え、これを”音響パワー”P (W)と呼びます。

音波が平面波であれば、音の伝搬方向に垂直な平面を通る音響パワーPは、音圧の実効値をp (Pa)、媒質の体積密度をρ (kg/m^3)、音速をc (m/s)、平面の面積をS (m^3)として；

$$P = I\,S = \frac{p^2}{\rho c} S \qquad \text{(式 12-8)}$$

で与えられます。また、音響パワーPをある基準値P$_0$に対するレベルとして表した量を”音響パワーレベル”L_W (dB)といい；

$$L_W = 10\log_{10}\frac{P}{P_0} \qquad \text{(式 12-9)}$$

で定義されます。音響パワーレベルの基準値P$_0$は10^{-12}Wであり、音の強さのレベルIにおける基準値I$_0$ (10^{-12}W/m^2)に単位面積を掛けた値となっています。

音響パワーは、主として音源から放射される音響エネルギーの大きさを表すために用いられ、ある指定された周波数帯域内において、単位時間に音源が放射する全音響エネルギーを ”音響出力（音源の音響パワー）” P (W)といい、その音響パワーレベルを ”音響出力レベル（音源の音響パワーレベル）” L_W (dB)といいます。

12-4 オクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベル

音の物理的な性質を捉えようとするとき、その音の全体的な音圧レベルや音の強さのレベルだけでは十分でなく、周波数毎の音圧レベルや音の強さのレベルを求めること（周波数分析）が必要となってきます。音を周波数分析する場合には、オクターブバンドや 1/3 オクターブバンドなどの定周波数比フィルタを用いた分析が広く行われています。これらの分析器は、IC化されたアクティブフィルタなどの電子回路技術によって小型化・低価格かがなされ、計測精度の向上や使いやすさにも大きく貢献しています。

定周波数比フィルタを用いた分析に用いられるバンドパスフィルタの周波数比は、周波数比が 2 のオクターブバンドパスフィルタと周波数比が $\sqrt[3]{2}$ の 1/3オクターブバンドパスフィルタが主に用いられます。これらのフィルタの下限の遮断周波数 f_1 と上限の遮断周波数 f_2、及び中心周波数 f_m の関係は、オクターブバンドパスフィルタの場合には；

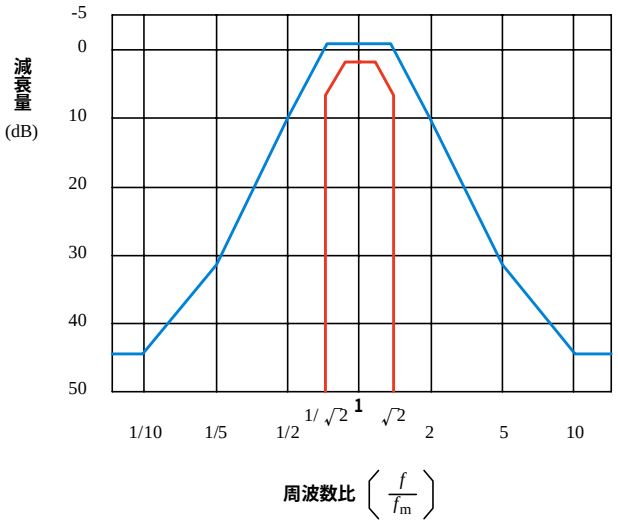
$$f_2 = 2f_1, \quad f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt{2}f_1 = \frac{f_2}{\sqrt{2}} \qquad \text{(式 12-10)}$$

で与えられ、1/3 オクターブバンドパスフィルタの場合には；

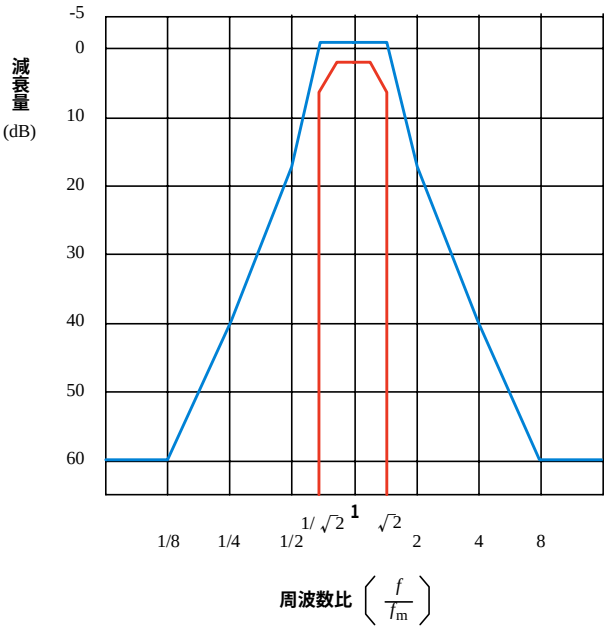
$$f_2 = \sqrt[3]{2}f_1, \quad f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt[6]{2}f_1 = \frac{f_2}{\sqrt[6]{2}} \qquad \text{(式 12-11)}$$

で与えられます。中心周波数 f_m の値は、1kHz を基準とした系列が、国際的に定められていて、バンドパスフィルタを用いた周波数分析器の中心周波数は、全てこの値に統一されています。この中心周波数の系列は第 9 章の表 9-1 を参照ください。

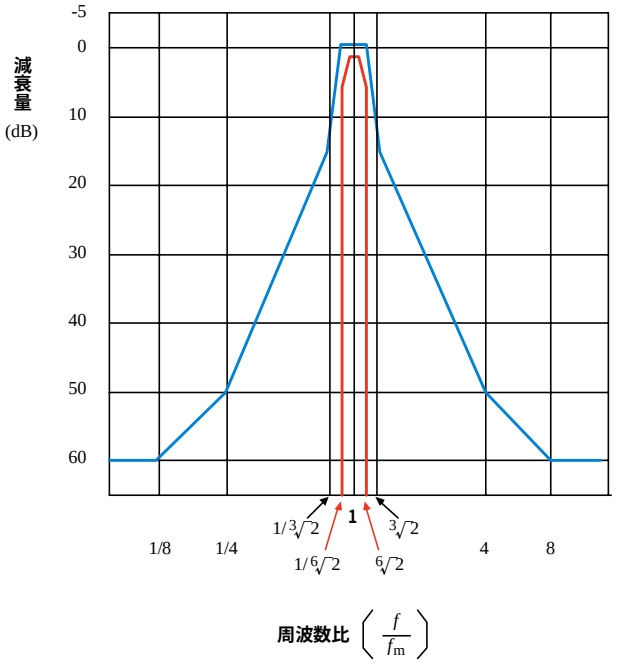
また、フィルタの周波数特性も規定されており、遮断特性の緩やかさの順に I 型（簡易測定用）、II 型（一般測定用）、III 型（精密測定用）の 3 種類があります。ただし、JIS C 1513-1983 では、オクターブバンドパスフィルタではI型とII型が、1/3 オクターブバンドパスフィルタではIIとIII型が採用されています。これら 3 種類のフィルタの減衰量の許容範囲を図 12-2 に図示しましたので参考としてください。



I 型オクターブバンドパスフィルタの減衰量の許容範囲



II 型オクターブバンドパスフィルタの減衰量の許容範囲



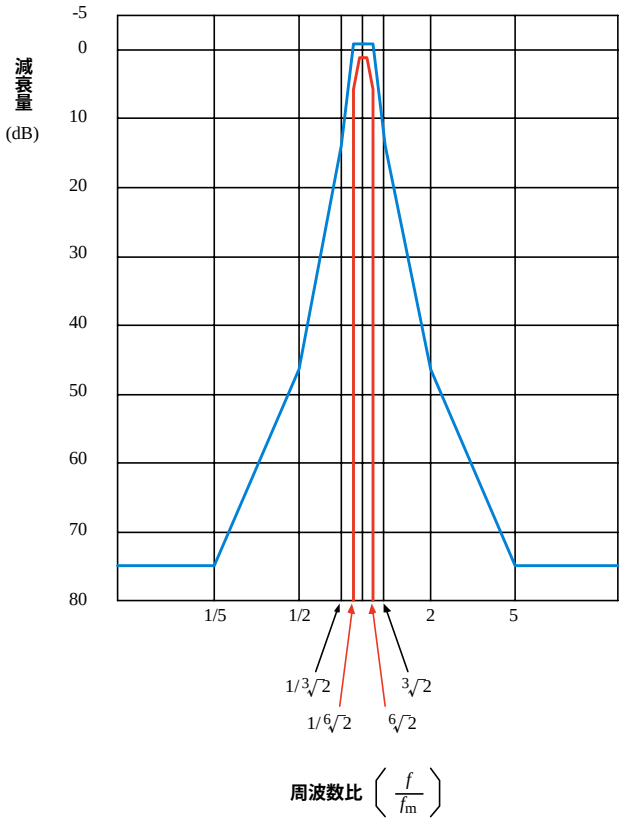


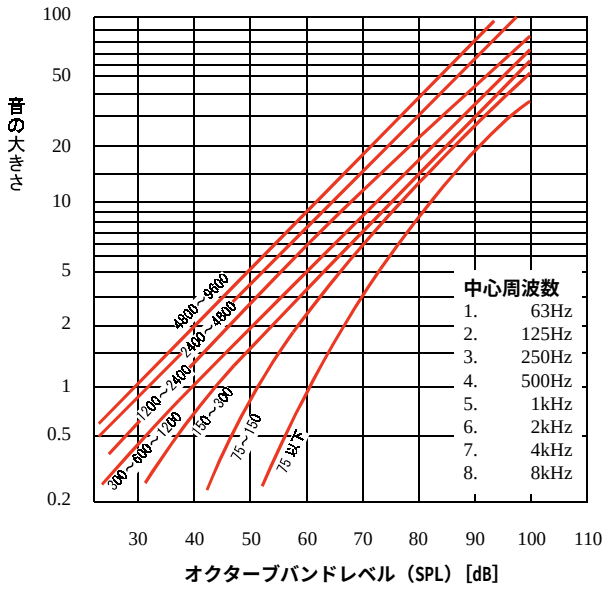
図 12-2

13. 音の感覚尺度

13-1 音の大きさ（loudness）

音の大きさは、音の強さに関係する感覚量で、音の高さと音色に並ぶ音の知覚に関するもっとも基本的な性質の１つです。単位として、sone（ソーン）を用い、音の大きさのレベル 40phon を 1sone とする比率尺度で表現されます。例えば、正常な聴力を持つ人が、1sone の純音の２倍の大きさと判定する音の大きさは、2sone です。

下図13-1は、音圧レベル（dB）と音の大きさ（sone）の関係をオクターブバンド毎に求めたもので、1kHz の場合をみてみると、音圧レベルが 10dB 増加すると、音の大きさは 2sone すなわち２倍になることが分かります。また、他の周波数帯域では、1kHz の場合と多少異なりますが、音圧レベルが 10dB 増加すると、音の大きさはほぼ２倍となります。この世に音の大きさは主に音の強さに依存するとともに、周波数にも依存します。さらに、音の持続時間にも依存し、持続時間が 150 ～ 300ms の間で定常状態と感じます。



音圧レベルと音の大きさの関係　　図 13-1

13-2 音の高さ（pitch）

音の高さは、先に述べたように音の周波数に関する聴覚上の性質のため、音の強さが一定の純音に対しては、周波数と高さは１対１に対応します。すなわち、周波数の高い音は高く、周波数の低い音は低く感じます。単位としては、mel（メル）を使用し、周波数 1kHz、音圧レベル 40dB の純音を 1000mel とする比率尺度で表現されます。

このように、音の高さは、主として音の周波数によって決定されますが、複合音の高さについては周波数成分の組み合わせ等により、一意的に決まらないことがあります。また、音の強さや、先行音、後続音の有無によっても影響を受けます。

13-3 音色（timber）

同じ大きさで同じ高さの音を発していても、我々は楽器の種類を区別することができますが、このように、２つの音の大きさがともに等しくても、その２音が異なった感じを与えるときその相違に対応する性質を音色といいます。

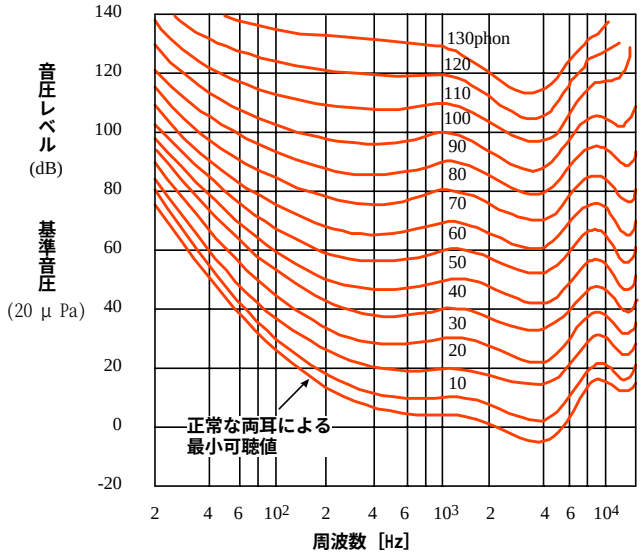
音色の研究は古くから行われてきていますが、現在でも十分には解明されておりません。最近の研究によれば、音色は美的因子、金属性因子、迫力因子の３つによって決定されているとされています。

13-4 音の大きさのレベル（loudness level）

先に述べたように、音の大きさは主として音の強さに依存しますが、その周波数や持続時間にも依存し、持続時間が 150 ～ 300ms の間で定常状態と感じます。

そこで、定常音について、正常な聴力を持つ人が、その音と同じ大きさに聞こえると判断した 1kHz の純音の音圧レベルの値を、”音の大きさのレベル” P (phon)と定義します。周波数による人間の聴感の変化に関する測定は、フレッチャー・マンソン（Fletcher-Munson）に始まり、1957年にロビンソン（Robinson, F）らによって再測定がなされました。下図 13-2 は、ロビンソンらが測定した正当な聴覚を持つ人が等しい大きさに感じる純音の音圧レベルと周波数の関係を示した曲線で、等ラウドネス曲線あるいは等感度曲線と呼ばれています。

この図より、人間の聴覚には次のような特徴があることが分かります。



純音の等ラウドネス曲線
（ロビンソン、ダッドソンらによる）

図 13-2

（1） 低い周波数では、耳の感度は非常に悪くなる。例えば、音の大きさのレベルが 40phon の曲線を例にとれば、1kHz の音圧レベル 40dB に対して、100Hz では 10dB、50Hz では 25dB 程度大きくなくては同じ大きさに聞こえない。

（2） 周波数 3 ～ 4kHz で耳の感度は最も鋭くなり、1kHz の 10 倍くらいになる。

（3） 6kHz 以上の高い周波数では、耳の感度は周波数の増加に伴って一様に変化せず、波を描くように増減しながら全体的に感度が悪くなってゆく。

（4） 耳が音として感ずることができる周波数範囲は、音の強さによっても変わるが、低周波数の限界（最低可聴限）が、ほぼ 15 ～ 20Hz、高い周波数限界（最高可聴限）が、ほぼ 20kHz である。

この等ラウドネス曲線は、多数の青年の平均値として考えて良いが、実際にはかなり個人差があり、20 才をすぎると老化現象が表れて、最高可聴限が年齢の増加とともに低下します。

以上のように、純音の大きさのレベルは、等ラウドネス曲線により求めることができますが、複合音についても、その音圧から音の大きさのレベルを予測する方法が 1937 年フレッチャー・マンソン以来いくつか提案されています。現在、国際基準（ISO 532）では、スティーブンス（Stevens, S.S）の方法とツビッカー（Zwicker, E）の方法が採用されています。

13-5 騒音レベル（A-weighted sound pressure level）

騒音とは、人間にとって望ましくない音のことで、いかなる音であっても、聞き手にとって不快な音、じゃまな音と受け止められると、その音は騒音と見なされます。すなわち、騒音は人間の聴感に基づいた感覚量であるため、その大きさを表すためには、音の物理的な大きさではなく人間の聴感に基づいた量を用いなければなりません。そこで、騒音の音圧レベルに、前の 13-4 で述べた等ラウドネス曲線に従った周波数重み付け（A 特性）をした音圧レベルを騒音の大きさを表す量として用い、”騒音レベル ” LA（dB あるいは dB (A)）と呼びます。

騒音レベルを測定するためには、騒音計を使用します。騒音計は既に述べたように、マイクロホン（通常コンデンサーマイクロホン）によって、音圧に比例した電気信号を発生し、周波数補正回路により、A 特性の周波数重み付けをした音圧レベルを表示します。

< 参考文献・資料 >

騒音測定及び騒音計に関係する規格・文献を以下に掲げましたので参考として下さい。

日本工業規格 （JIS）

C1502-1990	「普通騒音計」
C1505-1988	「精密騒音計」
C1512-1996	「騒音レベル、振動レベル記録用レベルレコーダ」
C1513-1983	「オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器」
C1515-1991	「音響校正器」
C5502-1991	「マイクロホン」
C5515-1983	「標準コンデンサマイクロホン」
Z8731-1999	「騒音レベル測定方法」

国際電気標準会議(IEC)規格

60651	"Sound level meters"
60804	"Integrating-averaging Sound Level Meters"
60942	"Sound calibrators"
61043	"Electroacoustics - Instruments for the measurement of sound intensity - Measurements with pairs of pressure sensing microphones"
61094	"Measurement microphones - Part 1: Specifications for laboratory standard microphones"
61260	"Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters"

参考文献

1) 守田　栄：新版・騒音と騒音防止、オーム社
2) 実吉純一：電気音響工学、コロナ社
3) 日本音響学会編：騒音・振動(上)、コロナ社
4) 社団法人産業公害防止協会：公害防止の技術と法規(騒音編)
5) L.E. Kinsler and A.R. Frey:Fundamental of acoustics,John Wiley & Sons, Inc.
6) P.M. Morse: Vibration and sound, McGraw-Hill Book Co., Inc.
7) 騒音計技術ノート（LA-200 シリーズ、LA-1200 シリーズ、LA-5000 シリーズ）

参考カタログ

1) 小野測器「振動・音響関連総合カタログ 2000」
2) 騒音計　LA-1200 シリーズ、LA-1350/1450、LA-2100/5100 シリーズ
3) リアルタイムオクターブアナライザ　SR-5300
4) マルチパーパス FFT アナライザ　CF-5200RT
5) Sound PLAN
6) 音質評価システム　SQ シリーズ
7) 音響インテンシティ測定システム
8) 音響パワー測定システム