

SUGA

須賀 技術報告

TECHNICAL REPORT ■ NO. 30594

設備騒音の予測と制御

須賀工業株式会社

はじめに

居住空間の集合化と高層化により、人間を取り巻く環境も様変わりしています。

これにともない、刺激として与えられる環境の変化を五感(視覚・味覚・きゅう覚・触覚・聴覚)により敏感に感じ取る人間の快適性に関する評価においても、微妙な変化が生まれてきていることも確かだといえます。

設備で扱う居住空間の快適性を評価する要因として、大きく下記の3要素が考えられます。¹⁾

1. 温熱要因: 室内の温湿度など
2. 騒音要因: 室内の騒音レベルなど
3. 光要因: 室内の照度など

各要因は現在のところ各々が独立した指標を基に評価されています。

しかし、各要因より受ける刺激はほぼ同時に居住者に作用しており、快適性を考える際に居住環境の総合的な評価というものが、ここで必要になってきます。

その一つの手法として人間の反応を考慮した総合的な環境評価: P O E (Post Occupancy Evaluation) という評価方法もあり関心の高まりもみられます。²⁾

また、3種類の要因より騒音だけを取上げても、単に騒音の大きさだけを評価するのではなく、その騒音をどの様に感じとっているのかという面についても検討しなければ、騒音に対する快適性の評価は困難なものとなります。

ここでは、騒音問題を中心に音環境の快適性に関する当社のアプローチについて紹介いたします。

須賀工業株式会社

目次

1.	音と設備		
1.1	音の発生	・・・	1
1.2	音の範囲	・・・	1
1.3	音と騒音	・・・	2
1.4	設備と騒音	・・・	2
2.	騒音の実例		
2.1	送風機回転失速に伴う騒音	・・・	4
2.2	機器の運転効率低下に伴う騒音	・・・	5
2.3	共鳴作用による騒音	・・・	5
2.4	過負荷運転に伴う騒音	・・・	6
3.	騒音の予測		
3.1	屋外騒音の予測	・・・	7
3.2	屋内騒音の予測	・・・	7
3.3	透過音の予測	・・・	8
3.4	固体音の予測	・・・	8
4.	計測システムと施工例		
4.1	計測システム	・・・	9
4.2	一般的な騒音・振動測定	・・・	9
4.3	特殊な騒音・振動測定	・・・	9
4.4	騒音制御	・・・	10
4.5	施工例	・・・	12

参考文献

1. 音と設備

1.1 音の発生

一言で「音」といっても種々のものがあり、例えば、

- ・ 心にやすらぎを与える音楽
- ・ 情報伝達の役割を果たしている言葉
- ・ 危険を知らせるサイレン

など、かぞえ上げればきりがありません。³⁾

物理的に音というものを考えた場合、簡単にいうと音は波動現象の一つであり空気粒子を媒体とした振動波です。これは、何等かの要因で静止している空気粒子が揺らされると、隣り合った空気の粒子に次々にその振動エネルギーが伝わり一つの波(疎密波)を形成します。この波は一種の圧力変動であり周囲の空気粒子全てに伝わり、最終的には人間の鼓膜の周りの空気を震わせ、聴覚器官が音として感じるようになります。

この様な振動現象は身の回りのいたるところで感じることができます。例えば、風の強い日の夜など、電線の近くでは風がふくたびに“ピューピュー”というような音を感じることがあります。これは、風の流れの中に電線があると、風の強さ(流れの速さ)や風向きによっては電線の部分でカルマン渦が発生し、この規則的な渦に励起されて音が発生しているためです。

1.2 音の範囲

人間の聴覚は全ての圧力変動を音として感じているわけではなく、個人差はありますが周波数(音の高さ)でいうとおおよそ 20Hz~20,000Hz の周波数(可聴周波数域)範囲を音として感じています。また、音が聞こえる強さ(大きさ)では、最小値が 10-12[watt/m²]であり、痛みを覚え始める値が 1[watt/m²]といわれています。

次に、音の単位として[dB]が使用されていますが、これは「人間の感覚量は与えられる刺激量の対数に比例する」との Weber・Fechner の法則が基本になっています。これは、例えばコーヒーに砂糖をスプーン一杯入れた時の甘さと二杯入れた時の甘さの差は明確に感じますが、十杯入れた時にさらにもう一杯入れた時の甘さの差はほとんど感じられないことでもわかるように、人間の感覚は初期の変化量の差は明確に感じ取ることにはできるが、刺激量が多い場合の変化量の差に対する感覚の差はそれほど明確にはあらわれてこない事を意味しています。

また、音の強さは音圧の 2 乗に比例しますので、音の強さを音が聞こえる最小音圧を用いて音圧レベルという値で表されています。

$$\text{音圧レベル} = 20 \cdot \log_{10} (p / p_0) \text{ [dB]}$$

$$p_0 : \text{最小可聴音圧} (2 \times 10^{-5} \text{ [Pa]})$$

この式はさきほどの Weber・Fechner の法則を満足しており、さらにこの式を利用することにより音の広範囲の計算を簡便に行えるようになります。

以上のように、人間が音として感じとれる音の高さと大きさには下限値・上限値があり、単位としては対数を用いた[dB]が採用されています。

1.3 音と騒音

ここで問題になるのは、例えば音楽にしても音楽を聞いている本人にとっては心地良い音であっても、他人にとっては騒音になる場合があるということです。これは、物理的には音と騒音の区別というものはありませんが、人間の音に対する心理的又は生理的な反応要素を加える事により、音と騒音を区別することが可能になることを意味しています。

この様に心理的又は生理的な反応を勘案して音というものを大別すると、

1. 快適な音：その居住空間にあって当然な音でその居住者が受入れられるもの
2. 不快な音：あることの好ましくない音

になります。³⁾

ここでいう快適か不快かの判断は、刺激を受けている人間の主観によるものです。この判断は視覚的環境・温熱環境などにも影響されますが、騒音に対する人の訴え(反応)からは

- ・ Noisiness (やかましさ)
- ・ Loudness (大きさ)
- ・ Annoyance (迷惑さ)

等⁴⁾に分類されます。

これらの項目については別個に評価(LL:Loudness Level, PNL:Perceived Noise Level)が行なわれてきました。⁵⁾

しかし、従来の騒音を防止するという考え方では、「不快な音は全て消す」ということになり、不快感を訴える側の要因を必ずしも総合的に評価し対処したとはいえません。不快感を及ぼしている主要因を明確にして対処方法を検討しなければ、発生している騒音問題を解消するのではなく、ますますひどくなってしまいうようなケースもあらわれます。

1.4 設備と騒音

生活環境下における音には「自然に発生する音」と「人工的に発生する音」の2種類があります。設備で扱う騒音問題としては、機械を運転した時に発生する人工的な音が主なものです。

これには、特に機械の存在がわからない場合に、僅かな音でも不快であるとの訴えが起る場が多々あります。例えば、マンションにおいて「突然ブーンという音が聞こえてきて不快である」との指摘があり調査を行ったところ、建物内の給水配管より給水用ポンプの振動が構造体に伝わり騒音を発生していることが判明しました。

この様に、設備機器の状況が居住者に理解されることが少なく、機械の運転特性によっては昼夜を問わず、突然騒音が発生し、また、騒音のスペクトル自体も固有の周波数成分にピークが発生するような性状を示すことなどが複合的な要素となり、不快感(不安感)が時間の経過とともに助長されることにもなります。

この様な騒音の訴えは、建物の集合化・高層化(軽量化)・気密化に伴い増加しています。これは、一つに居住空間が閉ざされた空間になり、外との接触が少なくなることにより、逆に室外で発生・伝達している物音に過敏になった結果とも言えます。

しかし、人工的な音でも噴水の音などは、不快という人は少なく、逆に夏場などでは清涼感を増すものといえ好ましい音の一つにあげられます。設備で扱う機器などからの人工的な音が全て不快とは

いえず、音の刺激を受けている側の環境によってかなり左右されるものであり、騒音の制御ならびに評価については、単に音の大きさ・強さ・音色などを物理的に判断し対処するのではなく、音の刺激を受ける側の環境要素を判断し、その中で最適な音環境 (Sound Amenity) を実現して行くことが重要なこととなります。

当社における騒音制御の基本的な方針としては、この点に着目し、過去の測定例とコンピュータを利用した騒音予測、ならびに各種測定法を利用した騒音環境の分析などを通して最適な音環境の実現をめざすこととなります。