

# 参 考 资 料

# 低周波音の基礎知識

## 低周波音の基礎知識

### a. 低周波音とは

産業機械等の大型化、高速化に伴い、それらの機械、構造物から発生する低周波音が問題となっている。

海外では、工場における作業環境、大型機械の周辺等で超低周波音が問題となり、120dB を超えるような非常に大きな音圧レベルの超低周波音（20Hz 以下の音波）の長時間暴露による生理的・心理的影響等について研究が進められてきた。

一方我が国では、環境中の低周波音による苦情が発生し、100 Hz 程度までの低周波数域の可聴音も含めた低周波音の生理的・心理的影響、建具等への物的影響について研究が進められている。

## b. 低周波音と超低周波音の周波数範囲

1973年パリで行われた低周波音に関する国際会議において、超低周波音（Infrasound）の周波数範囲を0.1～20Hzとする提案がなされた。これは、すでに規定されている可聴域よりも低い周波数である20Hz以下の音を評価するという考えに立っている。この案に対し、日本、西ドイツ等から20Hzよりも高い周波数域（100Hz位）まで上限を広げてはどうかなどの意見が出され、その後も討議がくり返された。1980年のアールボルグ（デンマーク）で行われた低周波音の会議では1～100HzまでをLow Frequency Noiseとしてとりあげている。

我が国では、可聴域以下の周波数域だけでなく可聴域の低域を含んだ100Hz以下程度の範囲を低周波音評価の対象としている。日本騒音制御工学会低周波音分科会では我が国の低周波音苦情の実情を考慮して、「低周波音測定方法の提案について」の中で低周波音の周波数範囲を1/3オクターブバンド中心周波数で1～80Hz、超低周波音の範囲を1～20Hzとすることを提案している。

G特性音圧レベルは超低周波音の感覚閾値に基づいた20Hz以下の音の評価加重特性である。国際規格案ISO/DP 7196でG1特性として提案され、ISO/DIS 7196.2でG特性として再提案され、1995年にISO-7196として規定された。

## c. 低周波音の苦情と実態

### c.1 低周波音苦情の分類

低周波音の苦情は人体に関する苦情（心理的苦情、生理的苦情等）と建具等に対する苦情（物的苦情）に大きく分けられる。それぞれの苦情内容は以下に示すとおりである。

- |           |                            |
|-----------|----------------------------|
| (1) 心理的影響 | 気分のいらいら、胸や腹の圧迫感            |
| (2) 生理的影響 | 頭痛、耳なり、吐き気                 |
| (3) 睡眠影響  |                            |
| (4) 物的影響  | 家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動 |

このうち、人体に関する苦情は、低周波音との因果関係がはっきりしない場合もある。音源の稼動状況と苦情の状況の対応に注意する。物的苦情では、振動が原因であると思われていたものが、実は低周波音が原因であったという場合もある。

### c.2 低周波音苦情の発生状況

#### (1) 我が国における低周波音苦情の特徴

低周波音の苦情内容が海外では生理的・心理的苦情が大部分であるのに対して、我が国では半数以上が物的苦情である。これは、苦情が発生する最低音圧レベルが海外より小さいことがあるが、我が国では、低周波数域では人が感ずる音圧レベルよりも小さい音圧レベルで建具が振動する場合があること等が考えられる。

## (2) 苦情件数の変遷

我が国では 1969 年（昭和 44 年）頃から低周波音によると思われる苦情が発生している。環境白書に登載した地方自治体で受け付けた低周波音苦情件数について推移を整理し図 - c.2.1 に示した。低周波音の苦情は、1974 年と 1980 年にピークがありその後減少し、1984 から 1990 年には苦情件数が 25 件前後とピーク時の 5 分の 1 以下になっていたが、その後また少し増加している。

発生源別の苦情発生件数をみると、1984 年以前は圧倒的に工場が多かったが、ここ 10 年では工場からの苦情が減り、それ以外の発生源による苦情の比率が増加している。工場の大型機械から発生する低周波音については、発生メカニズム、対策方法の研究が進み、防止対策が施されてきている。建設作業や道路交通に関する苦情の割合はあまり変化していない。道路交通に関する苦情のほとんどは道路橋から発生する低周波音によるものであるが、低周波音低減のための研究が続けられており、橋梁の剛性の増加やジョイント部の改良等により効果が得られている。航空機に関する苦情は 1984 年以降は少なくなっている。航空機ではエンジンテストの際に低周波音が発生し一時問題となったが、ノイズサプレッサの改善により効果が得られている。近年、鉄道に関する苦情やその他の発生源による苦情の割合が増加している。鉄道による苦情は主として新幹線のトンネル進入時に発生する低周波音（微気圧波）によるものである。新幹線トンネルから発生する低周波音の研究は、鉄道総合研究所等で独自の研究が続けられており、トンネル抗口付近に緩衝工が設置されて効果が得られている。その他の発生源による苦情は近隣の店舗や施設などに設置された機器によるものである。

## (3) 平成 7 年度低周波音実態調査の概要

環境庁では、1995 年度に地方自治体に調査用紙を送付して低周波音の実態調査を実施し、61 件の回答を得た。回答のあった事例は 1982 年から 1996 年にわ

たるものであり、このうち苦情に係るものが 54 件、残りの 7 件は環境調査であった。地方自治体より回答の寄せられた低周波音実態調査から、苦情が発生しているものについて低周波音の発生源別苦情件数を図 - c.2.2 に、苦情内容の割合を図 - c.2.3 に示した。

これによると、発生区分別では工場・事業場が 25 件で最も多く、次いで鉄道の 13 件であった。工場・事業場からの低周波音苦情が最も多いのはこれまでと変わらないが、鉄道が 2 番目に多いのは新幹線による低周波音苦情である。

次に苦情内容についてみると、心理的・生理的苦情が 42.6%と最も多く、物的苦情と心理的・生理的苦情の両方ある場合が 29.6%、物的苦情のみが 27.8%の順になっている。低周波音の問題が多く発生した 1970 年代は、物的苦情が低周波音苦情の半数以上を占めていた。しかし近年では工場機械等の低周波音対策が進み、それに代わって近隣の家屋や商店等の設備機器から発生する低周波音が問題となるケースも増えてきている。

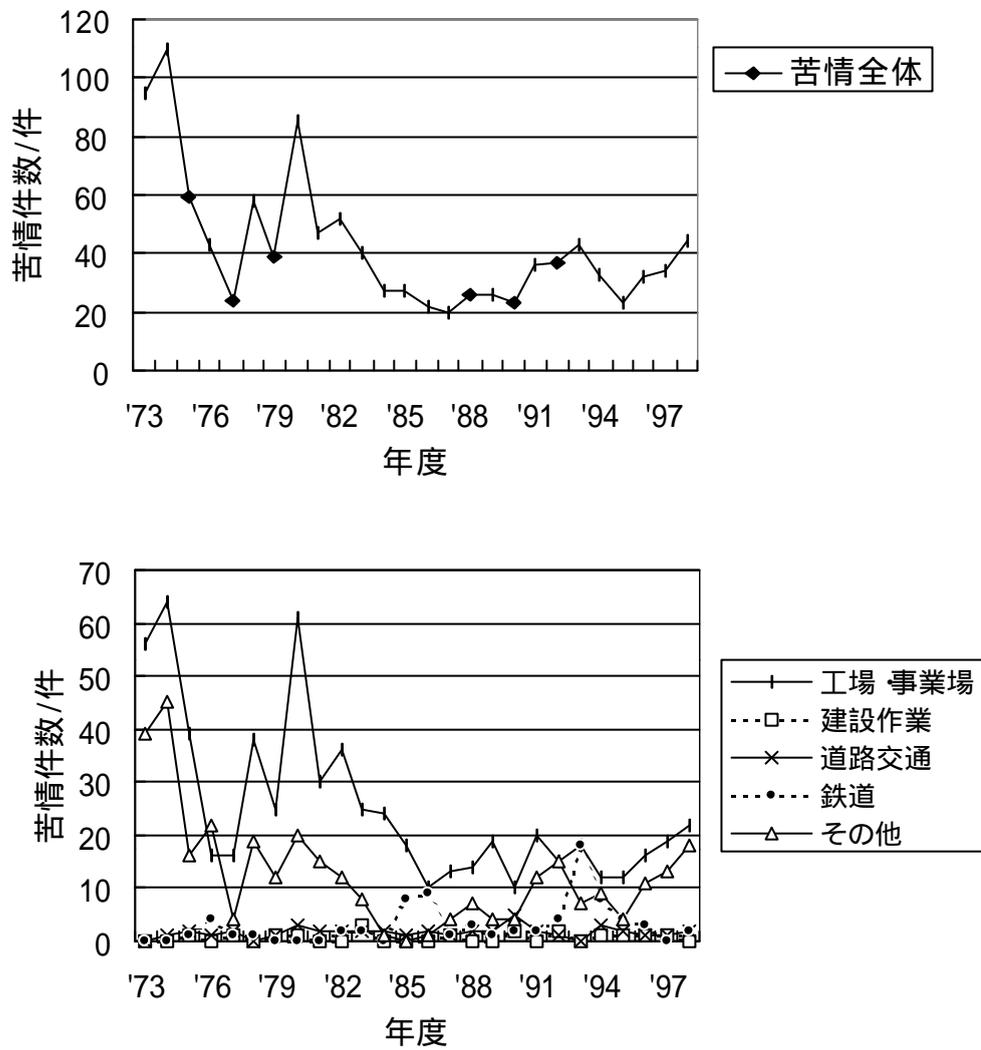


図-c.2.1 地方自治体で受け付けた低周波音苦情件数の推移

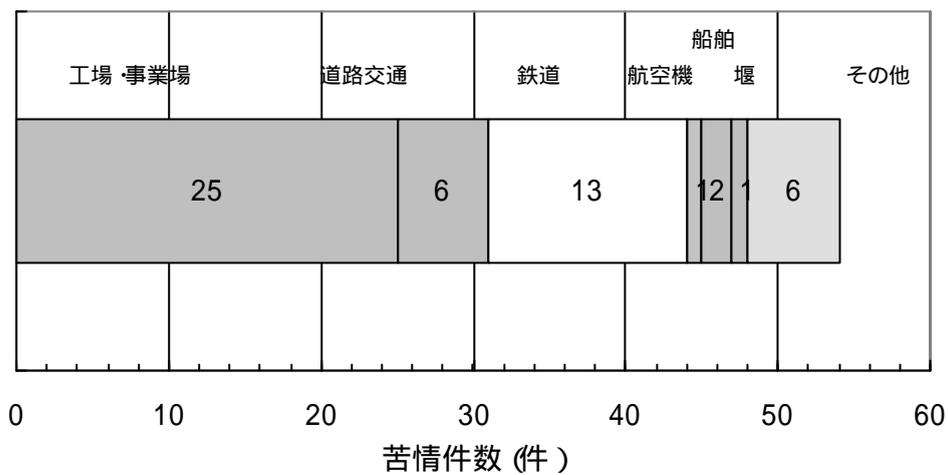


図-c.2.2 低周波音の発生源別苦情件数

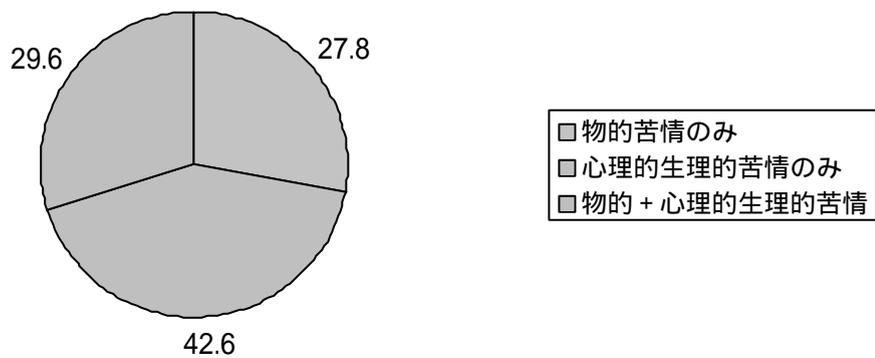


図-c.2.3 低周波音の苦情内容の割合 (%)

## d. 低周波音の影響

### d.1 感覚閾値

低周波音の感覚閾値（低周波音を感じる最小音圧レベル）については多くの研究者によって検討がなされている。これらの閾値は実験方法や実験施設の違いによって 5～10dB 程度の違いがある。大部分の結果は可聴音の閾値(ISO-226)の延長線上にあり、周波数が低くなるに従い閾値は上昇している。図-d.1 に ISO-226 を示す。数 Hz～50Hz 位を代表する傾斜はほぼ -12dB/oct. となっており、この傾斜が ISO-7196（超低周波音の心理的・生理的影響の評価特性）においても採用されている。

ISO-7196 では、G 特性音圧レベルで約 100dB を超えると超低周波音を感じると記されている。G 特性の基になった超低周波音の感覚閾値は欧米の実験結果に基づいている。これらの値は平均値であり、例えば中村らの実験結果によれば閾値には ±5～10dB 程度の幅がある。

### d.2 心理的影響

#### (1) 超低周波音の心理的影響

超低周波音の心理的・生理的影響の評価特性として、ISO-7196 で G 特性が規定された。ISO-7196 では、G 特性音圧レベルで平均の人では約 100dB を超えると超低周波音を感じ、G 特性音圧レベルで 120dB を超えると強く感じると記されている。

#### (2) 低周波音による圧迫感、振動感

低周波音の特有の心理的反応として「圧迫感、振動感」があることが、犬飼らによる低周波音の感覚的印象を表わす言葉についての多変量解析や、時田らによる低周波音の感覚実験により明らかになっている。

中村らが行った低周波音の感覚実験結果によれば、「圧迫感、振動感」は 40Hz 付近で特に強く感じられることがわかった。Broner と Leventhall の実験結果からも中村らの実験結果と同様な傾向が得られている。

#### d.3 生理的影響

我が国で問題となっている低周波音の音圧レベルはほとんどの場合、最大でも 120dB である。国内における低周波音による生理的影響の研究は 120dB 以下の音圧レベル について行われているが、従前の環境庁の調査並びにその他の研究者による調査では、低周波音による直接的な意味での生理的影響を明確に証明しうるデータは得られなかった。しかし、いろいろな条件下で、頭痛、吐き気などの生理的影響を起こす可能性について調査研究が必要である。

#### d.4 睡眠影響

環境庁では、睡眠中に低周波音を発生させて低周波音による睡眠への影響を調べている。図 - d.4 は低周波音の音圧レベルと周波数を変化させた場合の睡眠深度別の覚醒の割合を示したものである。これによると、浅い眠りの場合 10Hz で 100dB、20Hz で 95dB あたりから影響が現れ始めるという結果が得られている。

10Hz ; 100dB および 20Hz ; 95dB は G 特性音圧レベルに換算すると各々 100dB、104dB になり、G 特性音圧レベルで 100dB あたりから睡眠影響が現われはじめることになる。

#### d.5 物的影響

環境庁では、実験室において建具に低周波音を照射してしだいに音圧レベル

を上昇させ、建具のがたつき始める音圧レベルを調べた。図 - d.5 に実験結果を示す。低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果によれば、建具は周波数が低いほど小さな音圧レベルでがたつきやすく、揺れやすい建具ではおよそ 5Hz で 70dB、10Hz で 73dB、20Hz で 80dB あたりからがたつき始めるという結果が得られている。

その後の調査事例によると実験室実験によって求めた「建具のがたつき閾値」前後の音圧レベルから苦情が発生しており、この閾値が物的影響を評価するには概ね妥当なものであると考えられている。しかし、建具のがたつき始める最低音圧レベルは建具の種類・大きさ・設置条件・建具背後の部屋の構成や戸や扉の開閉状況等によっても大きく異なるので注意が必要である。

衝撃性の低周波音では、変動の少ない低周波音に比べて数 dB ~ 15dB 位大きい音圧レベルでないとがたつきが発生しないという結果もあるが、変動の少ない低周波音の実験室実験や実測調査に比べて調査事例が少なく、現状では十分な数のデータが得られていない。

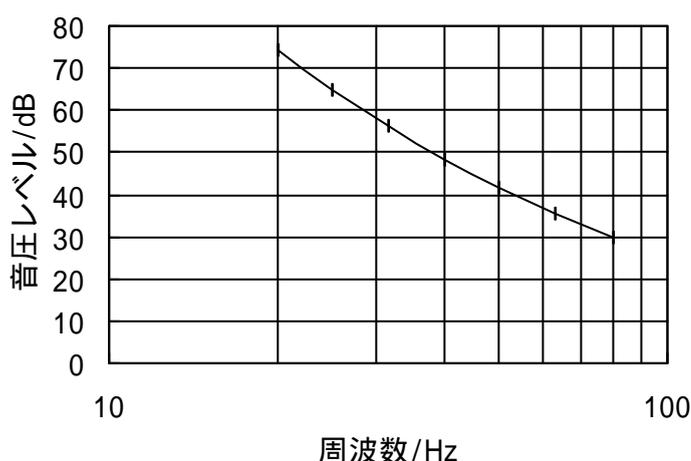


図-d.1 ISO-226 による可聴音の閾値

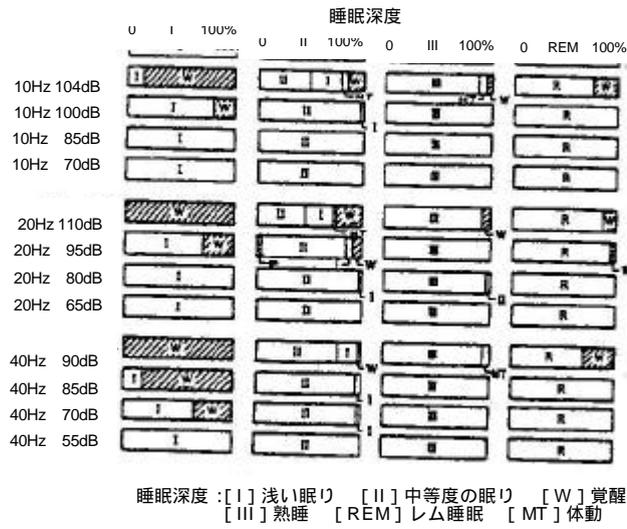


図-d.4 低周波音の睡眠への影響

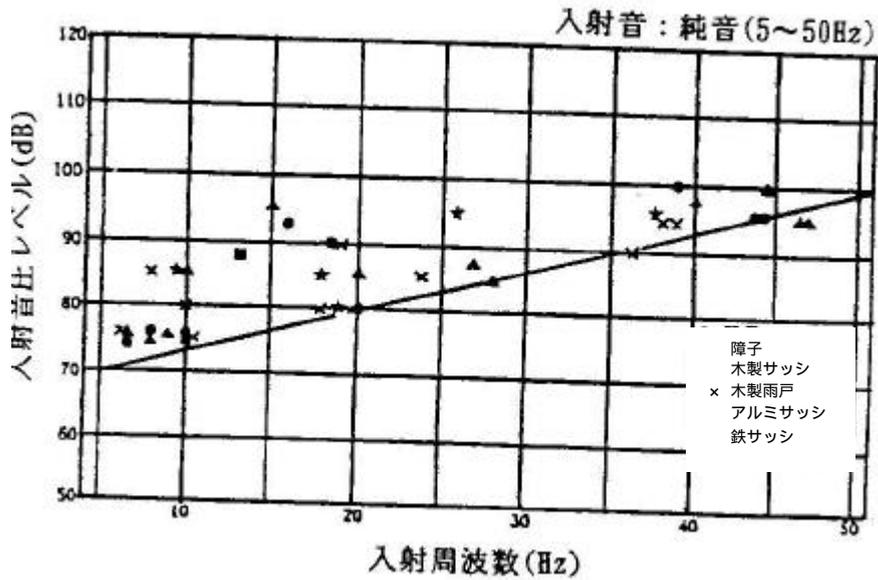


図-d.5 低周波音により建具ががたつきはじめる値