

特集

低周波音問題について

環境省大気生活環境室室長補佐 石井鉄雄

1 低周波音とは

一般的に人間の耳に音として聞こえる音波の周波数はほぼ 20 ヘルツから 2 万ヘルツ程度までといわれている。2 万ヘルツ以上の音波については、一般に超音波と呼ばれており、これに対して 20 ヘルツ以下の音波を超低周波音と呼んでいる。超低周波音は一般的には音としては人間に知覚されない。

低周波音は、超低周波音に、可聴域ではあるが音としてあまり明確には知覚されない領域の音を加えたものであり、その周波数の範囲については明確な定めはない。環境省では、「低周波音の測定方法に関するマニュアル」及び「低周波音防止対策マニュアル」を取りまとめるにあたっては、概ね 1 ヘルツから 100 ヘルツまでの音波を低周波音としている。なお、環境省では以前は低周波空気振動と呼び、振動の領域の現象と分類していたが、音波に基づく事象であることから現在は騒音の一部としてとらえ、低周波音と呼んでいる。

2 低周波音の影響

低周波音の影響については、建具等をはたつかせる「物的影響」、低周波音が眠りを妨げる「睡眠影響」、低周波音の知覚により圧迫感、振動感や頭痛、吐き気等がもたらされる「心理的・生理的影響」等がある。

(1) 物的影響

低周波音の物的影響は、音を感じないのに戸や窓がガタガタする、置物が移動するといった現象である。

物的影響が発生する場合は、20 ヘルツ以下に卓越周波数成分をもつ超低周波音による可能性が高い。なお、建具等のはたつきは低周波音だけでなく地面振動によっても発生する場合があるので、低周波音と地面振動の両方の可能性を考慮しておく必要がある。

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はたつきやすく、揺れやすい建具ではおよそ 5 ヘルツで 70dB(デシベル)、10 ヘルツで 73dB、20 ヘルツで 80dB 程度からがたつき始めるとい

う結果が得られており、これがひとつの目安となる。ただし、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。

(2) 睡眠影響、心理的・生理的影響

心理的影響は、低周波音が知覚されてよく眠れない、気分がいらいらするといった現象であり、生理的影響は、頭痛・耳なりがする、吐き気がする、胸や腹を圧迫されるような感じがする等の現象である。

睡眠影響や心理的・生理的影響については、原因を特定することが困難である場合が多く、低周波音が原因である場合と低周波音以外の原因による場合が考えられる。

このうち、20 Hz以下の超低周波音によって心理的苦情、生理的苦情が発生している場合には物的苦情も併発していることが多く、建具等の振動によって二次的に発生する騒音に悩まされている場合もある。可聴域の低周波音の場合は非常に低い音が聞こえる（感じられる）ことによって上記のような苦情が発生することが多い。

睡眠影響や心理的・生理的影響をもたらす低周波音のレベルについては明確な結論は得られていない。

(3) G特性

20 Hz以下の音の評価加重特性として、ISO（国際標準化機構）によりG特性音圧レベルが規定されている（ISO-7196）。G特性は超低周波音の感覚閾値に基づいて定められたもので、ISO-7196では、G特性音圧レベルで100dBを超えると超低周波音を感じ、120dBを超えると強く感じるとされ、概ね90dB以下では人間の知覚としては認識されないとされている。

現在ではG特性の自動演算機能を持つ低周波音計も市販されているので、G特性による評価値は超低周波音の評価の目安として手軽に利用することができる。ただし、G特性では20 Hz以上の可聴域の低周波音については考慮されていないため、これをもって低周波音のすべての領域の評価を行うことはできないので注意を要する。

3 低周波音の発生機構と発生源

可聴域の低周波音は、機械や構造物が通常の稼働状態でも発生する。一方、超低周波音は、多くの場合、機械・構造物が正常な稼働状態になく、何らかの異常な稼働状況にある場合に発生する。

低周波音の主な発生機構と発生機構別の発生源を以下に示す。

- 1) 平板の振動によるもの：板や膜の振動を伴うものなど

大型の振動ふるい、道路橋、ダムからの溢水等

2) 気流の脈動によるもの：気体の容積変動を伴うものなど

空気圧縮機、真空ポンプ等の圧縮膨張による容積変動等

3) 気体の非定常励振によるもの

大型送風機の翼の旋回失速（ 1 ）やシステムのサージング（ 2 ） 振動燃焼等

4) 空気の急激な圧縮、開放によるもの

発破、鉄道トンネルの高速での列車突入等

1 送風機等で、流入する空気の流れの偏りなどにより生じる局所的な失速領域が回転することにより低周波音等を発生する現象

2 送風機等の吐出弁を絞っていくときなどに、風量、圧力が急に脈動を起こし、装置本体や配管系が大きく脈動する現象

低周波音の問題が発生する可能性のある主な機器等を表 1 に示す。

4 低周波音防止対策

低周波音の防止対策では、対象となる音が耳に聴こえない超低周波音であるのか、あるいは耳を圧迫するように聴こえる低周波音なのかによって、対策方法も違ってくる。

対策方法としては一般騒音（可聴音）の場合、

1) 発生源対策

2) 伝搬経路上対策

3) 受信側対策

があるが、低周波音は可聴音に比べて波長が長いので、2)、3)の対策については、通常の方法ではその効果があまり期待できない。したがって、1)の発生源対策が望ましい対策方法であるといえる。

（ 1 ）超低周波音対策

超低周波音対策では、まず発生源とみなされる振動体(固体、流体)が超低周波音の波長より大きい小さいかを調べる。超低周波音の波長は 17 ~ 340m であり、発生源が 17m より小さければ問題になるほどの超低周波音は発生しないと考えられる。発生源がこれよりも大きければ、問題となるレベルの超低周波音が発生する可能性がある。

大型振動体が、高いレベルの超低周波音を発生する場合は、

i) そのパワーが大きい場合（例えば川幅 100m の水流調節機構、ジェット流、新幹線トンネル等）

ii) 共振の場合（橋梁、堰堤等）

iii) 機械的機構に基づく場合）（空気圧縮機、ディ - ゼル機関等、振動ふるい等）

などである。

これらについては表 2 が参考となる。まず表に示す機械等が使用されているかどうかを調べ、使用されている場合にはその発生原因を調べ、対策の実施を検討する。共振の場合には加振力の周波数または固有振動数を変える（例えば補剛）、減衰を付与する等の処置をとる。また機械的機構等の場合には、その変更、できない場合には消音器（共鳴形、膨張型）の設置、剛性則（ 3 ）による遮音等の処置をとる。

3 可聴域の騒音の遮音については素材の質量によって基本的な性能が定まるのに対して、超低周波音では素材の剛性によって遮音の性能が定まるという性質のもの

（ 2 ）可聴域の低周波音対策

20 ヘルツ以上の、可聴域の低周波音は騒音の範囲である。従って騒音防止技術のうち低周波音に効果の期待できる騒音防止技術が流用される。

まず可聴域の低周波音の 1 / 3 オクタ - プ分析（ 4 ）によって、問題となる周波数バンドを特定する。その成分に対して有効な防止技術を表 3 に示した。

また、超低周波音同様共振、共鳴によって低周波音が増幅されている場合も少なくないので留意する必要がある。

4 騒音の測定で、すべての周波数域を一括して評価するのではなく、1 オクターブの 1/3 の幅の周波数帯域ごとに区切って音レベルを算出する測定方法

5 低周波音の苦情

環境省が集計している低周波音に関する苦情数の経年変化を図 1 に示した。

1974 年は 110 件の苦情があったが、最近は 20 件から 40 件程度で推移している（99 年は 45 件）。

1970 年代に「その他」の件数が増えているのは航空機に対する苦情が多かったためであるが、現在では航空機に対する低周波音の苦情は少ない。

1993 年に鉄道に関する苦情が増加しているのは、この頃が新幹線にのぞみが導入された時期で、のぞみがトンネルに突入するときに発生する低周波音に対して苦情が寄せられたためである。

6 低周波音問題への環境省の取り組み

昭和 40 年代から建具ががたつくなどの苦情が発生し、その後、昭和 50 年代に入り、道路の高架橋などからの低周波音が問題となった。このような状況を受け、環境庁（当時）では昭和 51 年度よ

り低周波音に関する各種の調査を開始したが、昭和 50 年代の調査では、結果として、“一般環境中に低周波音が広く存在すること”が明らかとなったものの、その生理的、心理的な影響については明確な結論は得られなかった。環境庁では、このときの検討結果を踏まえ、低周波音の対策手法について「低周波空気振動防止対策事例集」(昭和 60 年 12 月)等を作成し、地方公共団体に対して示す等の対応を行った。

その後、超低周波音を評価するための“G特性”がISOで定められたこと、低周波音を手軽に測定できる機器が開発されたこと、新幹線「のぞみ」問題や報道番組での特集などを契機として低周波音に対する社会的な関心が再び高まったこと、などから新しい技術、知見に基づいて調査を行い、この結果に基づいて平成 12 年度には、自治体向けに低周波音の測定マニュアルを配布、また、現在各地方公共団体に委託し測定データの収集を行っている。

平成 12 年度に各自治体から収集した測定データによると、測定における低周波音に固有の困難さが明らかとなっており、精度の高いデータを得るための測定技術の向上が当面の課題となっている。

今後は、精度の高いデータの収集・解析によって低周波音の実態を明らかにするとともに、これらのデータに基づいて低周波音が人に与える影響や対策のあり方について検討を進め、有効な低周波音対策の立案・推進を進めていきたい。

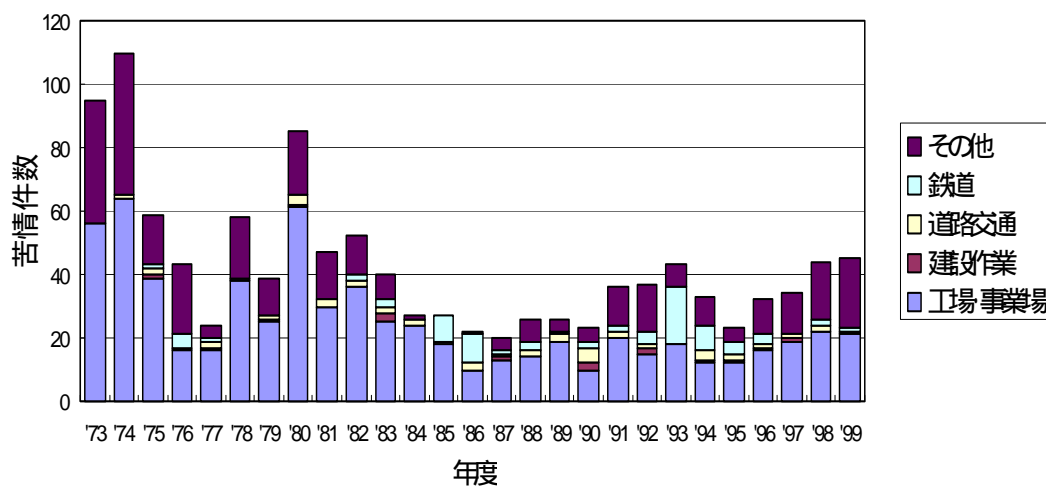


図 1 低周波音に関する苦情件数の経年変化

表1 低周波音問題が発生する可能性のある主な機器等

送風機（送風機を用いる集塵機、乾燥機、空調機冷却塔等）
往復式圧縮機
ディーゼル機関（ディーゼル機関を用いる船舶、非常用発電装置、バス、トラック等）
真空ポンプ（ロータリーブロワ、脱水ポンプ）
風車
振動ふるい（類似の振動コンベア、スパイラルコンベア、破碎機等）
燃焼機械（ボイラー、加熱炉、熱風炉、転炉、焼結炉、焼成炉、電気炉、ロータリーキルン、キューポラ等）
ジェットエンジン（ジェットエンジン（ガスタービン）を用いる航空機、非常用発電装置等）
ヘリコプター
機械プレス
橋梁
鉄道トンネル
治水施設（ダム、堰堤等）
発破
ガスエンジン
水車
変圧器

参考：時田保夫 低周波音公害問題をめぐって 日本音響学会誌、35巻7号

井上保雄 低周波音の実態と対策 騒音制御、23巻5号

表2 超低周波音の発生源、発生原因、対策方法

発生源	発生原因	特徴	対策方法
送風機、送風機系（集塵機・冷暖房器・乾燥機等）	旋回失速、サ-ジング 吸込状態不均一 ダクト壁振動	送風機の特定制用状態で発生 定常的	バイパス・放風・可動翼方式 ダクト補強、整流板
往復式圧縮機 真空ポンプ・脱水ポンプ・ロ-タリプロワ等 デイ-ゼル機関・船舶・非常用発電装置・デイ-ゼル車等	圧縮、爆発等による気筒内 圧力変化の伝搬時間差	大形多気筒機種、または 多数機使用時に発生する ことが多い 定常的 うなり発生することあり	共鳴形、膨張型消音器、配管 変更
新幹線トンネル	継続時間の長い単発圧縮波 (短い場合は可聴音)	特定トンネル 衝撃的	列車形状変更、速度低減、 トンネル断面拡大、入口フ-ド
発破	爆発	衝撃的	火薬減量、消音器(坑内発破)
ダム・堰提	水膜振動・膜裏空洞固有振 動の共鳴、大水流振動	特定ダム・堰提 定常的	水膜分割、整流
橋梁	車走行衝撃・橋梁固有振動 の共振	特定橋梁 定常的	加振力低減(段差除去)、補 剛。減衰付与
ボイラ再熱器	カルマン渦・再熱器空洞固 有振動の共鳴	特定条件 定常的	空洞分割(バッフル) 器内流速変更
各種炉(熱風炉・ロ-タリキ ルン・電気炉・キュボラ等)	燃焼振動・燃焼室空洞固有 振動の共鳴	特定条件 定常的	燃焼状態・燃焼室形状・熱源 位置変更。排気消音器
振動篩・振動コンベア・破碎 機等	加振・破碎周波数又はこれ らと構造体の共振	大形板構造のものに多い 定常的 うなり発生	振動面積低減 空気圧バラ ンス。補剛。剛性則遮音。回転 数制御
ジェット流	ジェット流の超低周波成分	特定条件 定常的	ダクト等によるジェット流 発生低減
風車	回転翼周波数成分	特定風車 定常的	アップウインド形 回転数低減

出典 中野有朋：超低音(聞こえない音) - 基礎・測定・評価・低減対策 - より作成

表3 可聴域の低周波音防止技術

方法	内容	
圧力変化防止	大きな渦・流れの乱れの発生、爆発等の防止	
加振力、たわみの低減	打撃・衝突・摩擦・不平衡力除去、釣合わせ、補剛	
弾性支持	柔らかい防振ゴム以上	
制振	厚い(1cm程度以上)制振材料による。 - 10dB	
共振・共鳴防止	加振周波数または固有振動数変更(補剛)、減衰付与	
吸音	実用上効果なし(厚さ 1m 以上の多孔質吸音材必要)	
遮音	密閉型	カバー [鋼板 1.6mm で - 10dB(31.5Hz)] 建屋 [コンクリ-ト 12cm で - 25dB(31.5Hz)]
	部分型	障壁(塀、建物、土手等)[音源高さより 1m で - 7dB(63Hz)]
	開口型	吸音ダクト形消音器：効果なし 膨張形消音器：膨張部の長さ 1~4m 干渉・共鳴形消音機：大型

出典 中野有朋：超低音(聞こえない音) - 基礎・測定・評価・低減対策 - より作成