

シリーズ「低周波音に関わる苦情への対応」

—第2回 低周波音苦情対応の進め方—

一般財団法人小林理学研究所
工学博士 落合博明

1. はじめに

低周波音というと特殊な音のように思われる方も多いと思います。低周波音による心理的・生理的な苦情の例として、頭痛・耳鳴り・吐き気・気分のいらいら・腹や胸の圧迫感・睡眠妨害等が挙げられていますが、これらはかなり音圧の大きい低周波音に関する苦情です。また、低周波音は耳に聞こえない（耳に聞こえないのは 20 Hz 以下の超低周波音）として、音も聞こえないのにこれらの症状があると低周波音が原因ではないかと思われる方もいらっしゃいます。最近では、苦情を申立てられる方自身の問題が苦情原因である場合や、200 Hz 以下程度の騒音を低周波音の苦情として寄せられる場合も増えてきています。

低周波音に規制基準や環境基準はなく、低周波音の苦情は騒音や振動の苦情に比べて少ない状況です。低周波音の苦情対応は、騒音の苦情対応と基本的には違いはありませんが、騒音苦情では問題となる音が聞き取れるのに対して、低周波音苦情の場合には問題となる音が聞き取れなかったり、測定されなかったりする場合も生じます。

本稿では、近年苦情の多い近隣の住戸、店舗、施設等に設置された機器等からの低周波音苦情を想定して、苦情対応の進め方について解説します。

2. 申立て内容の確認

低周波音に関する苦情が寄せられた場合、申立て内容を詳しく聞き取ることが重要です。聞き取る項目とポイント、判断等を以下に記します。

(1) 苦情内容の把握

低周波音による苦情には、建具のがたつき等の物的苦情と、圧迫感・振動感、違和感や不快感等の心身苦情があります。低周波音による苦情が寄せられた場合には、はじめに、苦情内容の確認を行います。

(2) 苦情内容による大まかな周波数の推定

低周波音苦情内容をもとに、問題となる周波数について大まかな推定をすることができます。図-1 は第1回解説で示した低周波音の閾値と低周波音による建具のがたつき閾値を重ね描きし、低周波音による人と建具の反応領域を音圧レベルと周波数軸上で4つ

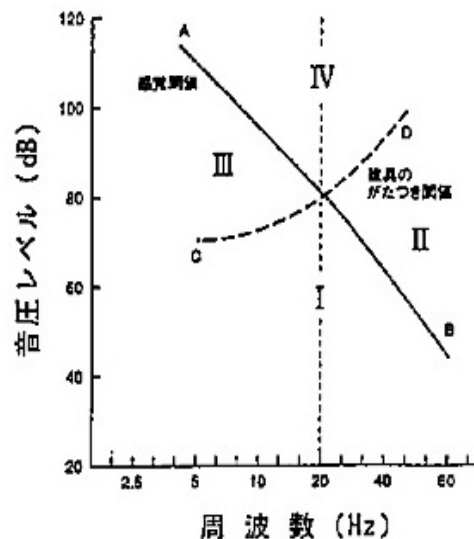


図-1 低周波音による人と建具の反応領域

の領域に分けて示したものです。これによると、20 Hz 以下では人が感知するよりも小さい音圧レベルで建具等のがたつきが発生する可能性があり、20 Hz 以上では建具が振動するよりも小さい音圧レベルで低周波音を感知する可能性があります。すなわち、物的苦情がある場合、音が聞こえない・感じなければ 20 Hz 以下の低周波音か地盤振動の可能性が、心身苦情で低い音が聞こえる（あるいは、感じる）場合には、20 Hz 以上の低周波音か 100 Hz 以上の騒音、または申立者自身の耳鳴の可能性が考えられます。

(3) 建具等のがたつき発生状況の確認

低周波音の主要な周波数と建具の揺れやすい周波数が一致するとある音圧レベル以上で建具が振動します。建具の揺れやすい周波数は個々の建具によって異なるので、同じ室内でも周波数の一致した建具のみが振動します。一方、地盤振動の場合には家全体が揺すられますので、ほとんどの建具が振動します。

物的苦情の場合、特定の建具ががたつくか、家中の建具ががたつくかを確認します。特定の建具ががたつく場合には低周波音の可能性が、家中の建具ががたつく場合には地盤振動の可能性が高いと考えられます。

(4) 不快感や圧迫感を生じる音の特徴の確認

心身苦情の場合、音が聞こえる音はどんな音かを尋ねてみてください。例えば、ブンブン、ウーンなどは低域～中域に主要な成分のある音、キーン、ビーなどは高域に主要な成分のある音の可能性が考えられます。苦情申立者による音の表現で、問題としている音のおおまかな周波数を推定できる場合があります。低周波音の苦情といっても中には「キーンという低周波音」という訴えもありますので、「100 Hz 未満程度の音だ」という先入観を持たないことが肝心です。

(5) 苦情が生じるときの窓の開閉状況の確認

心身苦情では、窓を開けた方が楽になるか苦しくなるか、あるいは窓を閉めた方が楽になるか苦しくなるかを尋ねてみましょう。

一般に窓を開けると、屋外からの環境騒音により低周波音がマスクされて聞こえにくく（感じにくく）なります。一方、窓を閉めると、騒音のうち中高周波数成分が低減され低周波音が際立って聞こえる（感じる）ようになります。音の発生源が屋外にあるときには、中高周波数成分を多く含む音の場合は窓を閉めた方が楽になり、低周波音成分が多いと窓を開けた方が楽になることがあります。窓を閉めた方が不快という場合には、低周波音または申立者の問題が原因である可能性があり、窓を開けた方が不快という場合には、63 Hz 程度以上の低周波音あるいは 100 Hz 以上の騒音が原因である可能性が考えられます。

(6) 家屋内の部屋毎の感じ方の差の確認

心身苦情の場合、音を感じる部屋と感じない部屋があるかを確認しましょう。音の大小や感じ方の違いは、発生源との位置関係や部屋の大きさ等によって異なる場合があります。

(7) 部屋の中の強く感じる場所の確認

室内に侵入した音が壁や天井で反射し、反射音同士が干渉することにより、部屋の寸法で決まる特定の周波数において部屋の中で音の大きい場所と小さい場所が生ずることがあります。このような現象を定在波と呼んでいます。

心身苦情の場合、室内で定在波が発生し同じ部屋の中であっても場所によって感じ方が異なることがあります。そのため、問題となる部屋の中で強く感じる場所があるかどうかを聞き取ることは重要です。

(8) 問題が生じる時間帯の確認

問題が生ずる時間帯を把握できれば、発生源が機械や施設の場合には稼働時間との関連性を調べることにより、発生源を推定できる場合があります。

(9) 問題が生じる気象条件の確認

例えば、強風によるアンテナ等の共鳴現象や梅雨時における堰の放流のように、特定の気象条件で苦情が発生する場合には、発生源を特定する手掛かりになる場合があります。

(10) 発生音の時間変動特性等の確認

連続的か、短時間の現象か、音の大きさが常に変化しているか等、発生状況がわかれば発生源の可能性があるとされる施設等の稼働状況を調べることで、発生源を特定する手掛かりになる場合があります。音の大きさが間欠的に変化する場合には、何分間隔で変化するという情報が発生源特定の際に役立つこともあります。

(11) 問題が生じた時期等の確認

いつ頃から問題が生じたのかを知ることで、機械や施設が導入された時期や不具合が発生した時期等との対応から、発生源を推定できる場合があります。

(12) 本人の訴える発生源の確認

もし、申立者の訴える発生源があれば確認します。発生源の特定にあたっては申立者の申立てる発生源を第一に確認しますが、それ以外に発生源となりうるものがないかも含めて周囲を十分確認します。

3. 現場の確認

電話等で申立て内容を確認しても机の上ではわからないことも多いので、必ず現場に赴いて申立者が申立てるような低周波音が発生しているか否かを自身の目と耳で確認します。現場調査のチェック項目を以下に記します。

(1) 申立者宅周辺の状況の確認

申立者宅周辺および申立者宅内に発生源となるものがないかを確認します。想定される発生源がある場合には、申立者宅と発生源との位置関係を確認します。物的苦情では問題となる周波数が低い場合が多いので、影響範囲が比較的広くなります。申立者宅以外でも同じような訴えがある可能性があります。

(2) 住居の状況、間取り等の確認

住居の構造、窓の構造、部屋の間取り等を確認します。想定される発生源がある場合には、問題となる部屋から発生源が見えるかどうか確認します。

(3) 発生源と推定される施設と施設の稼働状況等の確認

発生源と推定される施設がある場合には、施設の稼働時間帯、稼働状況、季節による変動、1日での変動等を確認します。また、施設の導入時期、移設時期、増設時期やメンテナンスを行った時期等を確認します。

(4) 周辺地域における過去の苦情発生状況と行政指導の有無等の確認

苦情のきっかけとなるような事項がなかったかを確認します。あった場合にはこれまでの経過を把握します。

(5) 調査員の感覚と申立者の訴えとの照合

物的苦情の場合は、申立のとおり建具のがたつき等が発生しているかを調査員が確認します。確認にあたっては、特定の建具が振動するか、部屋中全ての建具が振動するかにも注目します。

心身苦情の場合は、不快感等の申立者が訴える音を調査員が感じるかが重要なポイントとなります。産総研で行われた低周波音閾値の実験によると、申立者の閾値は一般成人よりも高く、申立者は低周波音の感度が一般成人よりも良いという結果は得られませんでした。調査員の聴力が正常であれば、申立者が感じられる時間帯に申立者が感じる場所において、申立者が訴える音を調査員も感じられる可能性は高いはずですが、申立者が夜間に苦情を申立てている場合、昼間に申立者宅を訪れても暗騒音や施設の稼働状況の違い等によりわからないこともあるので、申立者が申立てる時期、時間帯に確認します。

また、苦情が生じる部屋では場所によって音圧の大きい場所があるかどうか室内を歩き回って確認します。必要に応じて窓の開閉を行います。

(6) 発生源の絞り込み

発生源の推定・確認が出来た場合、発生源と推定される施設の仕様や稼働状況を確認します。工場等で施設がたくさんある場合には、施設毎の稼働状況や導入時期など詳細を把握することにより、発生源を絞り込める場合もあります。

(7) 発生源不明の場合の対応

近年、発生源不明の苦情も増えています。申立者宅の周辺に発生源と推定される施設が見あたらない場合には、申立者宅に特有な現象か、申立者の思い違い、あるいは申立者自身の問題の可能性も考えられます。再度苦情内容の確認を行います。

4. 測定計画の立案

4.1 測定点の選定

原則として発生源側と申立者側に測定点を設けます。測定点の取り方の例を図-2に示します。想定される発生源がある場合、発生源側の測定点は可能であれば施設の近傍に設けます。難しい場合には、施設を設置してある場所に近い敷地境界などに設けます。

申立者側の測定点は、苦情内容によって異なります。

(1) 物的苦情の場合

物的苦情の場合には、がたつきが発生している建具の屋外で建物から1~2m程度離れた

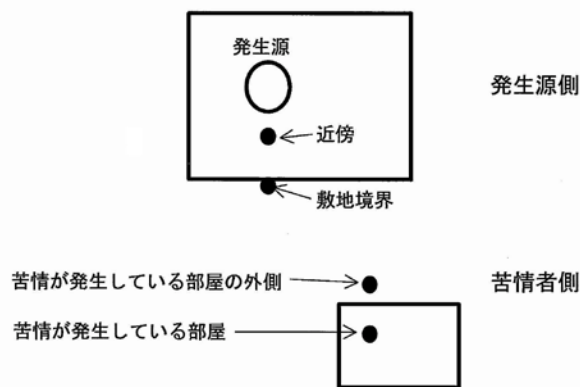


図-2 測定点の取り方の例

位置に設けます。測定点を屋外に設けるのは、建具のがたつき始める音圧レベルの実験結果が建具に入射する音圧レベルで整理されているためです。

(2) 心身に係る苦情の場合

心身苦情の場合には屋内の苦情が発生する場所に設けます。可能であれば、これに加えて問題が生じない場所や問題が生じない部屋でも測定して、両者の違いを比較すると問題となる周波数や音圧レベルが明確になることもあります。また、屋内だけでなく屋外にも測定点を設けると、申立者宅までの音の伝搬特性が把握できます。なお、心身苦情で発生源が不明な場合には、屋内の測定点に加えて、問題が生ずる部屋の屋外にも測定点を設けます。

4.2 調査時期、時間帯

原則として、問題が生ずる時期、時間帯に測定します。

4.3 測定量と測定項目

低周波音については、G特性音圧レベルと1～80 Hzの1/3オクターブバンド音圧レベルを測定します。G特性音圧レベルはなじみがない方も多いと思いますが、騒音の測定・評価の際に用いられる周波数重み付け特性（A特性）の超低周波音版と考えるとよいでしょう。

G特性の周波数レスポンスを図-3に示します。G特性は1～20 Hzの超低周波音の感覚閾値に基づくISO 7196で規定された周波数重み付け特性で、基準は10 Hz、1～20 Hzの傾きは12 dB/oct.（周波数が倍で12 dB大きくなること、oct.はオクターブの略号）となっています。1 Hz未満及び20 Hz以上はそれぞれ±24 dB/oct.の傾きになっていますが、特に意味はありません。

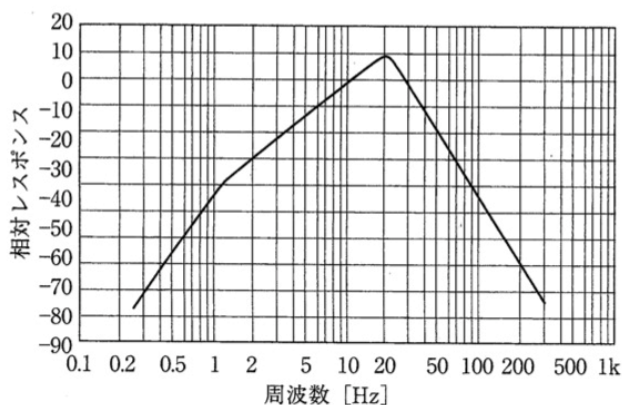


図-3 G特性の周波数レスポンス

1/3オクターブバンド音圧レベルを測定するという事は、周波数別の音圧レベルを求めるということです。低周波音の周波数範囲や評価方法が国によってまちまちでまだ統一された評価重み付け特性がないこと、低周波音は特定の周波数成分が卓越している場合が多いこと等の理由によります。

(1) 物的苦情の場合

物的苦情では1/3オクターブバンド音圧レベルを測定します。音が聞こえなくて建具が揺れていたり、がたついている場合には20 Hz以下の超低周波音の可能性が考えられます。ただし、物的苦情の中には低周波音が原因ではなく地盤振動だった事例も報告されているので、地盤振動も測定するとよいでしょう。

(2) 心身に係る苦情の場合

心身苦情では1/3オクターブバンド音圧レベルとG特性音圧レベルを測定します。しかし、心身苦情の場合、20 Hz以下の超低周波音による可能性は非常に低いと考えられます。20 Hz以下の周波数域では、人が感じるような音圧レベルが発生していれば、窓や戸が揺れたりがついていたりする可能性が高いことから、低周波音の心身に係る苦情のほとんどは20 Hz以上の可聴音によるものと考えてよいでしょう。また、最近の苦情は100 Hz以上の騒音が原因である場合も多いので、騒音測定も必須です。

これに加えて、心身苦情では音の測定と併せて申立者の体感調査を行います。体感調査は施設の稼動状況と申立者の体感との関連性を調べるもので、申立者に時々刻々の感覚・症状を記載してもらいます。

4.4 測定器

低周波音の測定では、低周波音レベル計とレベルレコーダ、周波数分析器等を使用します。騒音計では低い周波数側は20 Hz程度までしか測れないので、低周波音の測定には専用の測定器（低周波音計）を用います。近年、1 Hzから測定できる騒音計も販売されているので、この測定器を用いれば低周波音と騒音の両方が1台で測定できます。問題となるような大きさの超低周波音が発生していないことが明らかであれば、周波数分析機能付の騒音計でも測定は可能です。騒音計によっては10 Hz程度から測定可能な機種もあるので、苦情内容によっては選定されるとよいでしょう。

低周波音の測定では風の影響を受けやすいので、測定に際してはレベルレコーダの音圧レベル波形の変化により絶えず風の影響の有無を確認します。

このほか、低周波音計だけでなく騒音計（サウンドレベルメータ）や3軸の振動レベル計も持参されるとよいでしょう。

詳細な解析が必要な場合や、多点同時測定を行なう場合、低周波音に加えて騒音・振動も同時計測する場合等には、測定器の出力信号をデータレコーダ等に録音して持ち帰り解析を行います。

5. 測定方法

5.1 想定される発生源がある場合

5.1.1 低周波音等の測定

問題となる施設を稼動・停止させて、発生源側と申立者側で同時測定を行います。施設の稼動・停止が難しい場合でも稼動状況が変化する場合には、稼動状況を詳細に記録します。

測定にあたっては、各測定点における騒音・振動・低周波音の測定器またはこれらを録音する場合にはデータレコーダ等の時刻を合わせておきます。測定器のメモリー機能を用いて、例えば10秒から1分間程度の測定結果（例えば*Leq*）を連続的に算出してもよいでしょう。

5.1.2 発生状況調査

物的苦情では、施設の稼動・停止と建具のがたつき発生の有無を確認します。

5.1.3 体感調査

心身苦情では、騒音・振動・低周波音の測定と併せて申立者の体感調査を行います。測定が長時間に渡る場合には、申立者の負担にならない範囲で体感調査を行います。申立者の体感調査を行う際には、申立者が問題とする場所で、申立者には施設の稼働状況を知らせずに、時々刻々に感じたままを用紙に記載してもらいます。その際、測定器側の時刻と体感調査の時刻も合わせてきます。施設の稼働・停止にあたっては、申立者の信頼できる人に発生源側で施設の稼働状況を確認してもらおうとよいでしょう。

体感記録用紙の作成にあたり、事前の聞き取りや現場確認の折りに、どんな音が気になるか不快かなど、申立者にヒアリングを行い、聞き取り結果を元に記録用紙を作成します。備考欄には、項目以外の感覚や症状や暗騒音の情報などを適宜記載してもらおうとよいでしょう。体感記録表の例を表-1に示します。

表-1 体感記録表の例

体感記録表 (年 月 日 時間帯 : ~ :)
記入者: _____ 場所: _____

	感覚、症状					備考、暗騒音など
	不快感	圧迫感	頭重い	肩の張り	苦しい	
00						
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						

体感記録表 (年 月 日 時間帯 : ~ :)
記入者: _____ 場所: _____

	音の種類					備考、暗騒音など
	唸り音	ウンウン	ゴーゴー	ジー	キーン	
00						
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						

5.2 発生源が不明の場合

発生源がたくさんあって問題となる発生源側がわからない場合には、発生源の近傍と申立者宅の屋外で同時に測定し、周波数的な特徴や稼働状況を元に、発生源を絞り込んでいきます。

周囲に発生源が見当たらず、発生源不明の場合には、申立者が低周波音を感じる場合と感じない場合が含まれるような時間帯に何回か測定します。

5.3 測定時の注意事項

低周波音の測定において最も注意すべきは風による影響です。風が吹くと風により雑音が発生して正確な値が測定できません。通常測定に使用される直径 9 cm φ のウレタン製防風スクリーンでは風雑音を十分に低減できません。最低でも直径 20 cm φ のウレタン製防風スクリーンをマイクロホンに装着します。この防風スクリーンでも風が強い場合には風雑音を大幅に低減できないので、風が強いときは原則として測定をすることはできません。

風による影響はレベルレコーダの音圧レベル波形や実時間分析器で確認できます。風が吹くとレベルレコーダのレベル波形が不規則に変動します。周波数特性上では風が吹くと低い低周波数成分が不規則に上昇します。

家屋内でも風による影響を受ける場合があります。風により戸や窓が振動し、振動による低周波音が屋内で観測されることもあるので注意が必要です。

6. 測定結果の算出方法

(1) 変動幅の少ない低周波音

音圧レベルの変動幅が一定または変動幅の少ない場合は、10 秒間から 1 分間程度のパワー平均値を求めます。風などにより音圧レベルが変動する場合には、風の影響が少なく変動幅の少ない箇所のパワー平均値を求めます。

(2) 変動する低周波音

音圧レベルが (5 dB を越えて) 変動する場合は、指示値が大きくなる時に注目して、それらの最大値を適当な回数 (5 回から 10 回程度) 測定し、それらのパワー平均値を求めます。

7. 測定結果の評価方法

環境省では 2004 年に近隣の住戸、店舗、施設等に設置された機器等の固定された機器から発生する音圧レベル変動の少ない低周波音に対する苦情が寄せられた場合の対処方法をまとめた「低周波音問題対応の手引書」を公表しています。ここでは、「手引書」に示された評価方法をベースに解説します。

7.1 低周波音の評価手順

測定結果の評価は以下のように行います。

■STEP1 ; はじめに、発生源側と申立者側の対応関係 (関連性) を確認します。

対応関係がなければ、問題としている発生源以外が原因か、あるいは騒音・低周波音・振動以外 (自身の問題も含む) が苦情の原因である可能性が高いと考えられます。対応関係については、7.2 で詳しく述べます。

■STEP2 ; 対応関係があれば、「参照値」と比較します。

「手引書」では、対応関係があった場合に「苦情の原因が低周波音によるものか否か」の判断をするための目安として、「参照値」を提案しています。「参照値」には苦情内容別に「物的苦情に係る参照値」と「心身苦情に係る参照値」があります。

7.2 対応関係の確認

施設の稼動・停止 (あるいは稼動状況の変化) と建具のがたつきの有無、あるいは不快感等の申立者の反応との対応関係 (関連性) の有無を確認します。

併せて、発生源側と申立者側における物理的な対応関係についても確認します。すなわち、対象とする施設の稼動・停止に伴って各々の音圧レベルが同様に変化しているかどうか、施設の稼動時に発生源側で観測された特徴的な周波数成分が申立者側でも観測されるかどうかを確認します。

なお、施設を稼動・停止できない場合は、稼働状況の変化と建具のがたつき発生あるいは

不快感の有無との対応関係、及び音圧レベルの変化、特徴的な周波数成分の対応関係について確認します。

対応関係がなければ、対象と想定した発生源による可能性は低いと考えられます。そのような場合は、他の発生源の可能性や、騒音・振動・低周波音以外の可能性を検討します。心身苦情で、測定結果が仮に「参照値」を上回っていても、体感調査を行わなければ、申立者が問題とする音による影響かどうかの判断ができないことに注意が必要です。

7.3 評価値との比較

対応関係があれば測定結果を参照値と比較します。

(1) 物的苦情の場合

物的苦情に係る苦情に関する参照値を表-2に示します。申立者宅屋外で測定された1/3オクターブバンド音圧レベルが、いずれかの周波数で物的苦情参照値を上回っていれば、苦情の原因が低周波音である可能性が考えられます。測定結果が参照値を下回る場合には、低周波音の可能性について再度確認をするとともに、地盤振動の可能性についても検討します。

なお、G特性は人の超低周波音に対する閾値に基づく評価重み付け特性であり、建具等の低周波音に対する応答特性とは全く異なります。したがって、物的苦情の評価にはG特性音圧レベルは用いません。

表-2 低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3オクターブバンド 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3オクターブバンド 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

表-3 低周波音による心身に係る苦情に関する参照値

1/3オクターブバンド 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3オクターブバンド 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

(2) 心身に係る苦情の場合

申立者宅屋内で測定されたG特性音圧レベルが心身苦情参照値（G特性音圧レベルで92dB）以下であれば、超低周波音が原因である可能性は低いと考えられます。実際には、一般の住宅ではG特性音圧レベルで92dBを上回るようなところはほとんどありません。なお、G特性音圧レベルを用いて20Hz以上の低周波音の評価をしている例をみかけますが、これは誤りです。

心身苦情に係る苦情に関する参照値を表-3に示します。申立者宅屋内で測定された1/3オ

クターブバンド音圧レベルがいずれかの周波数で心身苦情参照値を上回っている場合は、苦情の原因が低周波音である可能性が考えられます。測定結果が参照値を下回っている場合には、苦情の原因が低周波音である可能性は低いと考えられます。近年は 100～300 Hz 程度の騒音を低周波音と勘違いされる方も多いため、そのような場合には、100 Hz 以上の騒音の可能性についても検討します。

低周波音の評価と称して G 特性音圧レベルしか測定しない例も見受けられますが、これは誤りです。1/3 オクターブバンド音圧レベルも測定します。

測定結果を参照値と比較する際、屋外の測定結果を心身苦情参照値と比較している例をみかけることがありますが誤りです。心身苦情に係る参照値は屋内の測定結果と比較します。

また、測定結果を参照値と比較する際、G 特性で補正した 1/3 オクターブバンド音圧レベルを用いている例が稀にありますが、これも誤りです。1/3 オクターブバンド音圧レベルは周波数補正しない測定結果を用います。

7.4 発生源不明の場合の対応

周囲に発生源が見当たらず、発生源不明の場合には、申立者が低周波音を感じる時間帯と感じない時間帯、あるいは感じる部屋と感じない部屋で測定された複数の 1/3 オクターブバンド音圧レベルの測定結果を比較します。申立者が低周波音を感じる際の測定結果に何らかの共通した特徴があり、参照値を上回っている場合は、その周波数の低周波音が問題である可能性があります。両者の結果に差がない場合や、特徴がなければ、それ以上の判断はできません。問題の原因が低周波音ではなく 100 Hz 以上の騒音の場合もありますから、念のため申立者に苦情の状況を再度確認してみてください。問題の糸口が見出せない場合には、その旨を説明して納得していただくしかありません。

8. おわりに

申立て内容の確認から測定結果の評価方法まで、低周波音苦情が寄せられた場合の対処方法について解説しました。低周波音の苦情対応で特に苦勞するのは心身に係る苦情の場合です。問題となるような大きさの低周波音が発生していれば、調査員も現場でその音を感じられるはずですし、建具のがたつき現象も確認できるはずですので、自信を持って対処して下さい。

低周波音の測定方法等については、環境省「低周波音の測定方法に関するマニュアル」や「低周波音問題対応の手引書」も併せてご参照下さい。

なお、具体的な事例については、次回に紹介させていただきます。