

シリーズ「低周波音に関わる苦情への対応」

－第4回 低周波音の苦情対応事例(その2)－

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

前回は、低周波音の物的苦情事例を5例、心身苦情事例を12例ご紹介しました。低周波音の苦情の中には、対応が難しい場合があります。例えば、問題となる低周波音がいつ発生するかわからない場合や、大きな工場などのように発生源の数が多すぎて問題となるのはどの発生源なのかかわからない場合などです。また、近年の苦情で多いのが、苦情者宅周辺に発生源となるようなものが見当たらない「発生源が不明」の苦情です。本稿では、判断の難しい苦情の事例や間違った評価の事例などを中心にご紹介します。

2. いつ発生するかわからない低周波音苦情の事例

2.1 1年のうちいつ発生するかわからない苦情事例(1)¹⁾

秋田県でガラス戸や窓ガラスがガタガタと音をたてて振動するといった現象が発生しました。この地区は、奥羽山脈の登山道の入口の溪谷沿いの静かな山村で6世帯が暮らしています。現象は常時発生するのではなく、ある日突然発生するとのことでした。はじめは亡くなった人の魂が訪ねてきたのかと思われていましたが、あまりにも回数が多すぎることから、その後、この怪現象は必ず大雨が降ったあとに発生することに気づいたそうです。集中豪雨のあとには特に振動が大きくなり、地滑りの予兆ではないかと地区の住民に避難勧告まで出たこともあったそうです。

怪奇現象の原因がわからずにいましたが、1年余りして、5年前に完成した砂防ダムの水膜が発生源であることがわかりました。ダムから水が落下する際、水膜が前後に振動し背後の空洞と共鳴することにより10 Hzに卓越成分を持つ超低周波音が発生し、民家の建具を振動させていたのです。10 Hzの超低周波音は、よほど大きな音圧レベルでない限り人の耳には感じられないことから、怪奇現象のように思われたのでしょう。土木事務所では現地調査を行って現象を確認し、堰堤にコンクリートブロックを設置して水膜を分断することにより、問題は解決しました。

同様の事例は、長野県、岐阜県、滋賀県、石川県²⁾など全国各地で報告されています。

2.2 1年のうちいつ発生するかわからない苦情事例(2)

施設の屋上に設置された空調室外機からの騒音・低周波音苦情を申立てられた数軒のお宅

のうちの1軒で、2階の天井から低い音がするとの苦情がありました。音が発生する時期は不規則であり、踏査を行った日も室外機の騒音・低周波音測定を行った日も天井からの音は発生しませんでした。踏査時にこのお宅の内外を確認したところ、音が聞こえるという部屋の屋根上にアンテナが設置されていました。他に発生源と思われるものが見つからなかったことから、可能性の一つとして、屋根上に設置されたアンテナやワイヤーが強風時に共振し、その振動が天井から室内に伝わって音が発生していることが考えられました。そこで、音が発生する日の気象状況（風向、風速等）をチェックするようお願いしました。

テレビアンテナの風による励振の事例³⁾、⁴⁾が報告されていますので、併せてご参照下さい。

事例 2.1 や 2.2 のように、ある特定の条件のときに低周波音や騒音が発生することがあります。問題が発生する季節や気象条件（降雨、風向、風速等）をメモしておくとい良いでしょう。また、問題が発生したときの周囲の状況等にも注目しましょう。

2.3 1日のうちいつ発生するかわからない事例⁵⁾

低周波音による物的苦情が県に寄せられました。しかし、問題となる低周波音の発生は不規則で、1日のうちいつ発生するかわかりません。県では苦情者宅屋内に測定器を設置し、1分間の等価音圧レベルを連続的に測定しました。図-1 に音圧レベルの変化が見られた31.5 Hz と 63 Hz の1/3 オクターブバンドの1分間 Leq の測定結果を示します。

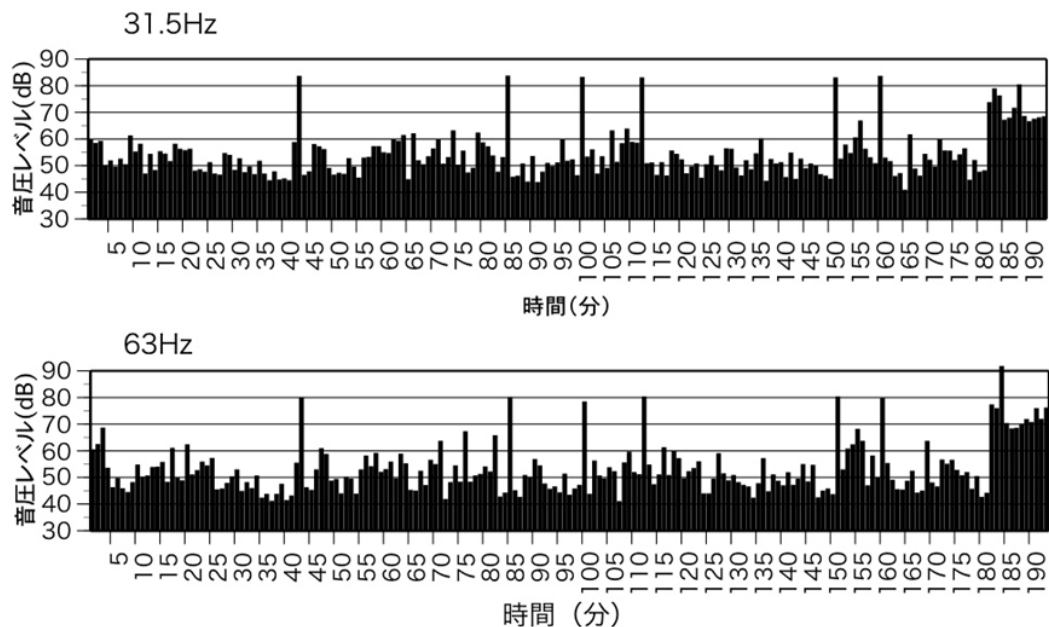


図-1 低周波音の周波数別音圧レベル変動の測定結果（苦情者宅屋内，Leq, 1m）

図より、測定開始からおよそ3時間後に音圧レベルの上昇が見られます。音圧レベルの変化は、問題となる建具の振動発生状況と対応していることが確認されました。発生源は施設の稼働状況から近くの店舗に設置された業務用ドラム式脱水機と推定されました。低周波音の測定は屋内でしか行われていませんが、家屋内外音圧レベル差を考えると、屋外で観測される低周波音は物的苦情参照値を上回る可能性もあると考えられました。

問題が1日のうちのいつ発生するかわからないときには、低周波音や騒音の連続測定が有効な場合があります。この事例では物的苦情でしたが、心身苦情の場合には「不快感を感じる」あるいは「低周波音で目が醒める」といった問題となる症状の発生する時刻と周波数別の音圧レベルの関係を調べるとよいでしょう。症状が発生する時刻と特定の周波数の音圧レベルの間に相関があれば、その周波数の音が苦情の原因である可能性も考えられます。

3. 発生源の特定が難しい低周波音苦情の事例

3.1 たくさんの発生源があることにより特定が難しい苦情事例⁶⁾

「隣に工場ができてから振動が止まらない。特に2階和室の扉がガタガタ鳴るため、気になって眠れない」との訴えがありました。市では当初、振動苦情として扱いましたが、調査を進めるうちに低周波音による被害であることが判明しました。

工場には多くの施設があり、苦情の原因となる発生源の特定が容易でなかったことから、工場内の全施設を停止させ、施設を1台ずつ立ち上げていき、工場内と苦情者宅内で低周波音を測定しました。測定の結果、発生源の稼働状況と扉のがたつき発生との対応関係があり、発生源は真空ポンプ施設およびその配管と判明しました。家屋内では10Hzが突出しており、全施設稼働時には音圧レベルが72.7dBでした。

工場側に結果を伝えたと、工場と親会社で協議し工場を移転することとなりました。工場の移転により、問題は解決しました。

大きな工場や大型施設のように、発生源がたくさんあり個々の発生源を稼働・停止できる場合には、1つずつ発生源を稼働・停止させて測定する方法と、この事例のように発生源を順番に稼働させてゆく方法があります。場合によっては、複数の発生源が稼働したときに低周波音の音圧レベルが大きくなり、問題が発生することもあります。いずれにしろ、発生源を稼働・停止しなければならないので、発生源側の協力が必要となります。

3.2 発生源が不明の苦情事例(1)⁷⁾

「集合住宅の2階に居住しているが、2ヶ月ほど前から低周波音が聞こえるようになった。調査を行ったが、原因はわからなかった。発生源と考えられる機器の電源を切ったり、

メンテナンスも行ったが状況に変化はなかった。」という苦情が市に寄せられました。苦情者が居住する集合住宅の周辺は住宅地となっており、騒音や低周波音が発生するような施設等は設置されていません。また、集合住宅には事業場等は入居していません。

申し立てを受け、苦情者が入居している部屋で2回の調査を行いました。1回目は浴室を除く全室で、2回目は寝室で測定を行いました。2回目の調査では低周波音の測定と併せて苦情者の反応調査も実施しました。

低周波音の測定結果は部屋の違いや測定日によらず、全てのデータが心身苦情に係る参照値を下回りました。また、発生源が不明のため発生源のオン・オフ調査は行えませんでした。苦情者が反応したときとしないときの低周波音の測定結果を比較した結果、両者の間に相関関係は認められませんでした。なお、苦情者宅内で測定された騒音レベルは L_{95} で 39～51 dB でした。

以上の調査結果から、苦情の原因は微かに聞こえる程度の低レベルの騒音か、あるいは苦情者の体調の問題であると判断されました。そこで、苦情者の話をできるだけよく聞き、部屋にいるときにはテレビやステレオをつけて気分を紛らわすことや、外出するなどのソフト的な対策を提案しました。

3.3 発生源が不明の苦情事例(2)⁸⁾

苦情者は集合住宅の3階に住む住民で、屋内でブーン、ゴロー、パワー、ポーといった連続音による不快感を訴えました。周辺には苦情者以外に苦情を申し立てる者はいません。苦情者が最も感じるというトイレで低周波音の測定を行いました。発生源不明のため、発生源の稼働・停止は行えませんでした。

測定結果は心身苦情に係る参照値を下回っており、問題となるような大きさの低周波音を観測できませんでした。また、測定時、調査員も苦情者が申し立てる低周波音を確認できなかったことから、苦情者の体調不良は、低周波音によるものではないと判断しました。苦情者が体調の不調を訴えていたことから、調査に向かう際、保健師に同行を依頼しました。苦情者に体調を悪くするような低周波音は出ていないことを説明し、調査に同行した保健師から、体調に不安があるときは相談に乗る旨を伝えました。その後、苦情の訴えはないとのことでした。

低周波音の心身に係る苦情はほとんどが室内で発生しています。心身苦情の多くは周波数が 20 Hz 以上の低周波音あるいは騒音によると考えられます。20 Hz 以上の周波数であれば家屋の内外音圧レベル差は 5 ～ 10 dB 程度以上はあるので、問題となる音が屋外から到来していれば、屋外では室内よりも大きな音が観測されなければなりません。発生源が不明の場合、家屋内外で同時に測定を行い、苦情者の反応と家屋の内外における測定結果との間に関連例があるか確

認みましょう。関連性が認められなければ、苦情の原因が低周波音や騒音ではない可能性も考えられます。

3.4 近隣から発生する低周波音の事例³⁾

戸建住宅の住民から、低周波音苦情が寄せられました。周囲は住宅街であり、静かな環境です。問題の音は「ウンウン」という音で、発生時期には周期性があるとのことでした。

周囲の騒音が低下する夜間に測定を行ったところ、苦情者宅1階寝室の窓の前(屋外)で40 dBAの騒音レベルが観測されました。当初は発生源がわかりませんでした。

住民に聞き取りを行ったところ、問題となる音は近隣の集合住宅竣工後に発生したとのこと。近隣の集合住宅ではディスポーザフロア室の臭気換気を屋上まで設置されたダクトにより行っており、屋上の排気口が発生源であることが判明しました。発生原因はディスポーザフロア室から屋上までのダクト経路の共鳴と考えられました。

そこで、ダクト経路内に消音チャンバーを設けることを検討しましたが、設置が困難であったため、建物屋上の排気口近傍に消音チャンバーを設置することにより問題を解決しました。

図-2の注釈：ハト小屋とは、配管類が屋根スラブを貫通するとき、防水層を保護するために設ける小さな箱形状のもの。臭突とは、臭気を高い位置で換気し外に拡散させるための煙突、ダクト等のこと。

問題の発生した時期と集合住宅の竣工時期が一致したことが、発生源特定の手がかりとなりました。長いダクトが笛のように共鳴すると低い音が発生することがあります。この事例のように、単一の周波数の音が不規則に変動すると、不快に感じることがあります。

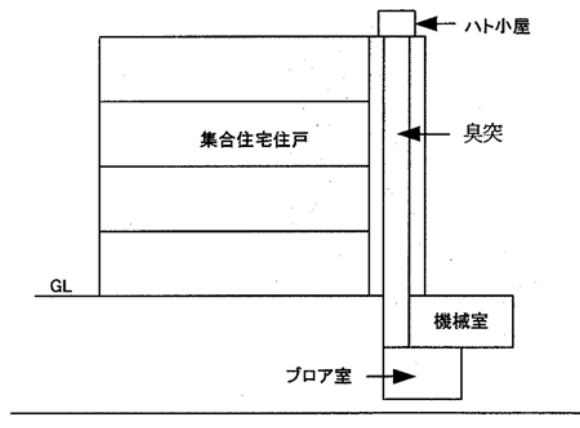


図-2 低い音が発生した集合住宅の断面図

4. 防音対策をしたのに、症状が改善しなかった事例⁹⁾

寝室等でゴォーという音がするとの苦情が寄せられました。苦情者は高齢の女性で、インターネットの知識からゴォーという音を低周波音と考えています。苦情者によれば、隣に家が建ってから感じるようになったとのこと。発生源は不明ですが、苦情者本人は隣家のボイラー等の室外に設置された機器ではないかと考えています。

このお宅では、寝室の窓を3重にする、3層のボードを天井・床・壁に貼るなど、かなりのお金をかけて、防音対策をしたそうです。対策後に低周波音の測定をしたところ、対

策をした寝室ではレベルが低く、特に 50 Hz 以上の周波数ではレベルが低すぎて、低周波音レベル計の周波数分析画面表示もされませんでした (30 dB 以下)。しかし、室内の音圧レベルは下がりましたが、苦情者の感じ方は変わりませんでした。

測定結果に基づいて説明をしたところ、苦情者の息子さんは低周波音が苦情の原因ではないことを納得されましたが、苦情者本人は納得しませんでした。苦情者本人とは、時々電話で話をして不安を取り除くようにしています。外に出て楽しいことをするように依頼しています。

問題となる低周波音が屋外から来るのであれば、家屋の防音性能を高めれば室内の音圧レベルは低減します。この事例では、遮音対策を施したことによって室内における低周波音の音圧レベルが大きく低減しました。遮音効果は周波数が高いほど大きいので、100 Hz 以上の周波数域でも大きな効果が得られているものと思われます。それにもかかわらず、苦情者の感じ方が変わらないのは何故でしょうか。苦情者が申立てる苦情の原因が室内にあるか、あるいは苦情者自身の問題の可能性が考えられます。

5. 低周波音苦情における対応関係による判断に関する事例

5.1 発生源の稼働・停止との対応関係がみられない苦情事例

近隣の施設に設置されたボイラー、空調室外機等からの低周波音、騒音、振動による健康被害に関する苦情が寄せられました。苦情者宅は戸建て住宅街の一角にあり、周囲には対象とする施設の他に、工場、農地などが存在しています。

苦情を受けて、苦情者が最も音や振動を感じやすく、周囲の暗騒音が小さくなる夜間に測定を行いました。測定にあたっては、施設の協力を得て、苦情者が申立てる発生源を稼働・停止させ、発生源側と苦情者宅内外で低周波音、騒音、振動の同時測定を行いました。また、これと併せて、苦情者が最も感じるとされる寝室で体感調査を行いました。

測定の結果、寝室で測定された低周波音、騒音の音圧レベル・周波数特性は一部の周波数で最小可聴値 (ISO 226-2003) を上回っているものがあり、何らかの音は聞こえる可能性があると考えられます。しかし、低周波音、騒音の音圧レベル・周波数特性は、全停止の条件も含めて機器の稼働条件によらずほとんど変わりませんでした。施設の敷地境界と寝室で観測された低周波音、騒音について詳細な周波数分析 (FFT 分析) を行い、両者の卓越する周波数を比較したところ、両者に対応はみられませんでした。このことから、施設側からの低周波音、騒音は寝室までは届いていないか、暗騒音未満であると考えられます。寝室で観測された振動レベルは X、Y、Z 方向ともいずれの条件においても 30 dB 以下であり、稼働条件による変化は見られませんでした。

発生源の稼働条件と体感調査結果の関係を調べたところ、苦情者は発生源を全て停止し

た条件でも問題となる音が聞こえると答えており、身体的な症状を訴えました。さらに、苦情者は、全停止の条件で一部の発生源が稼働した条件よりも強い症状を訴えました。

以上の結果から、発生源の稼働条件と低周波音、騒音、振動の測定結果、並びに体感調査結果との対応関係は認められず、苦情の原因は近隣の施設に設置された機器からの低周波音、騒音、振動である可能性は極めて低いという結論に至りました。

この事例では発生源とされる機器を稼働・停止させて、低周波音、騒音、振動の測定および苦情者の体感調査を行いました。機器を稼働すれば発生源側で観測される音圧レベルや振動レベルは増加します。低周波音、騒音、振動が苦情者側まで伝搬していれば機器の稼働に伴い苦情者側のレベルも増加するはずですが、また、機器を稼働させると観測された低周波音、騒音にその機器に特有な周波数の卓越や増加がみられます。これらが苦情者側へ伝搬していれば苦情者側でも同じ卓越成分や特徴的な周波数特性が観測されるはずですが、また、苦情者が申立てる発生源が健康被害の原因であれば、発生源が稼働したときにその音や振動を感知して症状が現れるはずですが。

この事例では、これらの物理的な対応関係、体感上の対応関係が認められなかったことから、参照値との比較は行いませんでした。低周波音の測定をするとすぐ参照値と比較したくなりますが、参照値との比較は対応関係がある場合に限られることに注意が必要です。

5.2 発生源の稼働・停止との対応関係はあるが測定値が参照値を下回った事例

隣接する会社建物に設置された空調室外機等から発生する騒音、低周波音等による強い不快感、不眠等により、日常生活に支障をきたすとの苦情が寄せられました。この会社の苦情者宅側に面した2階と3階のベランダには大小合計8台の室外機と1台の小型ボイラーが設置されていました。苦情者宅周辺は住宅地であり、やや離れたところに鉄道があるものの、大きな騒音や低周波音の発生源は見当たりませんでした。

苦情を受けて、苦情者が最も音や振動を感じやすく、周囲の暗騒音が小さくなる夜間に測定を行いました。測定にあたっては、会社側の協力を得て、複数の発生源を稼働・停止させ、発生源側と苦情者宅内外で騒音と低周波音の同時測定を行いました。また、これと併せて、苦情者が最も感じるとされる和室で体感調査を行いました。

測定の結果、発生源側の騒音・低周波音が苦情者宅内まで伝搬してきていることを確認しました。また、体感調査結果から、いくつかの稼働条件において、発生源の稼働と苦情者の感覚の間には関連性があることがわかりました。

苦情者宅屋内で観測された低周波音の測定結果は、心身苦情に係る参照値を下回っていたことから、苦情の原因は低周波音ではなく、100 Hz以上の騒音の可能性が高いと考えられました。そこで、発生源側敷地境界で測定された騒音レベルを環境基準値と比較したと

ころ、一部の稼働条件で環境基準（昼間 55 dB、夜間 45 dB）を上回りました。また、騒音・低周波音の周波数分析結果より、機器側で観測された 50 Hz、100 Hz、160 Hz、200 Hz の卓越成分が苦情者宅内でも観測されました。さらに、苦情者宅内における測定結果について、低周波音による心身苦情に係る参照値の元になった寝室の許容値の 10% 値の実験方法と同様の方法で 100 Hz～200 Hz について行われた実験結果¹⁰⁾、^{注)}と比較したところ、一部の稼働条件で、測定値がこの実験結果を上回ることがわかりました。

測定結果を苦情者および会社側に説明し、会社側と協議を行った結果、寄与の大きい機器を移設することで問題は解決しました。

注) 100 Hz 以上の実験結果：100 Hz；37 dB, 125 Hz；33 dB, 160 Hz；28 dB, 200 Hz；25 dB

低周波音の測定結果が参照値を下回ると「切り捨てられる」とおっしゃられる苦情者の方がおられますが、発生源の稼働・停止との対応関係があればそのようなことはありません。参照値以下ということは、苦情の原因が低周波音である可能性は低いということなので、100 Hz 以上の騒音の可能性が考えられます。苦情の対応をされる方も、低周波音ではないからといって、そこで止めてしまっただけではいけません。一般の方の中には、「低い音が低周波音である」と思われている方も多いため、苦情の原因が実は騒音であったという場合も多いのです。低周波音の苦情が寄せられた場合には、低周波音の測定器に加えて 100 Hz 以上の周波数も測定できる測定器も携行されることが肝心です。

6. 苦情者へのヒアリングに基づく苦情原因の推定

6.1 擬音語による発生源の推定

低周波音や騒音の苦情で問題となる音の表現から、苦情者が訴える音のおおよその周波数や性状を推定する際の助けになる場合があります。表-1 は耳鳴りの検査に関連して、耳鳴音の擬声語表現から音響的な特徴を捉えるためにまとめられた対応表です¹¹⁾。

例えば、「ウーン」とか「ワーン」と表現される音は 125 Hz、250 Hz 程度の周波数の純音性の音、「ジー」と表現される音は 4,000 Hz、8,000 Hz 程度の周波数の雑音性の音と推定されます。前回ご紹介した事例の中の

表-1 擬声語の代表語とその周波数対応

代表語 Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. ワーン	○	○					
2. ウーン	○	○					
3. ブーン	○	○	○				
4. ツーン			○	○	○	○	○
5. ピー				○	○	○	○
6. キーン					○	○	○
7. ガー	●	●	●				
8. ザー	●	●	●	●	●	●	●
9. ジャー	●	●	●	●	●	●	●
10. ジー						●	●
11. ゴー	○ ●	○ ●	●				
12. ミーン					○●	○●	○●
13. チー					○●	○●	○●
14. シーン							○●
15. ビー	○ ●					○●	○●

○ Pure tone
● Band noise

「大型空調室外機等からの騒音・低周波音による不快感・睡眠妨害の事例」における体感記録表の記載例の中にも苦情者が申立てる擬音語が記載されています。記載例はある一人の方の表現ですが、同じ音でも人によって擬音語の表現は異なりますので注意が必要です。この表は残念ながら低い周波数側は 125 Hz までしかありませんが、昨今の低周波音苦情はエコキュート音の苦情も含めて 100 Hz 以上の周波数が本当の原因である場合も多いので、結構使えるのではないのでしょうか。

6.2 耳栓をした場合の低周波音低減効果

低周波音の苦情者の方へのヒアリングの中で、耳栓をすると問題とする音が小さくなりますかという質問をすることがあります。回答はさまざまで、音が小さくなるという方もいれば、変わらない、かえって大きくなったという方もいらっしゃいます。

大学病院の耳鼻科の専門医に伺ったところ、「外部からの音が問題になっているかどうかは耳栓をすればわかる。耳栓をしても音が小さくならない場合は、別の原因によると考えられる。」との回答をいただきました。

耳栓は防音保護具として大きな騒音を発生する産業職場で働く作業者の聴力保護のために使用されます。耳栓の遮音性能は 4,000 Hz が最も大きく 40 dB 程度ありますが、63 Hz では 20 数 dB 程度となっています¹²⁾。通常はこれより低い周波数域での性能は測定されませんが、低周波数域における耳栓をした場合としない場合の閾値に関する実験結果によると、10~20 Hz の低周波数域においても 20 dB から 20 数 dB の遮音効果が確認されています¹³⁾。

発生源不明の苦情や、発生源の稼動・停止と体感の対応がみられない場合など、苦情者の方に耳栓をして音が小さくなるかどうか試していただくとよいでしょう。耳栓をしても問題とする音が低減しない場合は、外部の音が原因ではないと考えられます。4. でご紹介した家屋の防音対策をしたのに効果がなかった事例も、耳栓をした場合に類似した事例のように思われます。

7. 不適切な参照値の適用を行った事例

インターネットで不適切な参照値の適用を行った事例を見つけました。発生源は学校に設置された空調室外機で、隣接する住宅から騒音・低周波音の苦情が寄せられているとのこと。聞き取り調査から、低周波音の影響が考えられたため、低周波音の測定を行ったとのこと。測定は敷地境界線上（屋外）で、室外機稼動の状態ですら 3 回、停止の状態ですら 1 回行われています。測定結果は心身苦情に係る参照値との比較が行われ、室外機稼働時の低周波音が 40 Hz~80 Hz の帯域で測定値が参照値を上回っているため、低周波音によ

る影響があると結論付けています。

しかし、心身苦情に係る参照値は「低周波音問題対応の手引書」¹⁴⁾にも書かれているとおり、屋内の測定結果と比較すべきものであり、不適切な適用がなされています。家屋内外レベル差を考えると、室内の測定値はおそらく心身苦情参照値を下回るのではないかと推定されます。このホームページでは低周波音の測定結果しか公表されていませんが、実際に苦情が発生していることを考えると、100 Hz以上の騒音が原因である可能性も考えられます。

地方公共団体による低周波音の測定結果において、屋外で測定された低周波音の測定値と心身苦情に係る参照値を比較している事例を思いのほか多く見かけました。このような適用は誤りですので、参照値との比較にあたっては特に注意が必要です。

8. おわりに

今回はいつ発生するかわからない事例を3例、発生源の特定が難しい事例を4例、対策をしたのに効果が得られなかった事例を1例、対応関係の有無による判断に関する事例を2例紹介しました。また、苦情者の訴えに基づく問題となる周波数の推定や原因の推定、参照値の誤った適用事例についても紹介しました。

騒音の苦情と異なり、低周波音の苦情への対処は厄介です。騒音苦情の場合は現場に行くと音を聞けば問題となっている音がたいていわかりますが、低周波音苦情の場合は必ずしもそうはいきません。「低周波音」を正確に理解している人は非常に少なく、「低周波音」という言葉の捉え方が人によって異なるからです。ある人は低い音(数百 Hz程度の騒音)を低周波音と考えているでしょうし、ある人は耳に聞こえずに体調を悪化させるのが低周波音と考えています。

現場調査で特に注意しなければならないのが、調査員が現場で問題とする音を確認できない場合や、測定できない場合です。このような場合には、発生源と想定される施設を稼働・停止させて苦情者の体感との対応関係を確認しましょう。対応関係が認められない場合や発生源不明の場合には、耳栓をして問題とする音が小さくなるか確認しましょう。耳栓をしても問題とする音が小さくならない場合は、自身の問題である可能性が考えられます。このような場合は、騒音や低周波音の対策をしても効果が得られないでしょう。

前回は申し上げたとおり、現在読者の方が抱えていらっしゃる苦情と全く同じ事例はなかなかないと思います。今回ご紹介した事例や環境省の事例集等を参考に、個々の苦情に対処していただければ幸いです。

次回は、公益社団法人日本騒音制御工学会会長 井上保雄氏に低周波音の対策方法についてご紹介いただく予定です。

【第4回 参考文献】

- 1) 読売新聞, 1998年12月6日(日)版
- 2) 辰橋他: 頭首工部における低周波音対策について, 日本音響学会騒音・振動研究会資料, N-2010-41, 平成22年8月20日
- 3) 中澤: 不思議音事例シートの紹介, 騒音制御, 33巻5号, (2009.10), pp.375-389
- 4) 日本騒音制御工学会ホームページ, 不思議音分科会のページ, 不思議音事例
<http://www.ince-j.or.jp/subcommittee/fushigion>
- 5) 平成16年度環境省請負業務結果報告書, 低周波音測定調査結果解析業務, 平成17年2月, pp.132
- 6) 環境省環境管理局大気生活環境室; 低周波音対応事例集, 平成20年12月, pp.26-33
- 7) 環境省環境管理局大気生活環境室: 低周波音対応事例集, 平成20年12月, pp.123-129
- 8) 環境省環境管理局大気生活環境室; 低周波音対応事例集, 平成20年12月, pp.130-133
- 9) 環境省, 平成26年度低周波音測定評価方法講習会 中級編 講習会資料
- 10) 犬飼他; 低周波音の聴覚閾値及び許容値に関する心理物理的実験, 騒音制御, Vol.30, No.1, 2006.2, pp.61-70.
- 11) 白石,坂田; 耳鳴の科学, 日本音響学会誌, 61巻12号,(2005), pp.708~713
- 12) 富永: 防音保護具の性能と問題点, 騒音制御, 15巻5号,(1991), pp.11~15
- 13) 岡本他: 超低周波音の人体に及ぼす影響, J.UOEH「産業医科大学雑誌」特集号, (1986), pp.135-148,
- 14) 環境省環境管理局大気生活環境室: 低周波音問題対応の手引書, 平成16年6月