

騒音公害に対する環境科学国際センター (CESS) の取り組み - 苦情現場の騒音診断・低騒音化技術の開発研究 -

地質地盤 騒音担当 松岡達郎

1 はじめに

騒音公害は苦情の存在を前提とする。より根元的には「音にまつわる争い・利害の対立」である。騒音規制に関する法や条例は、この利害対立を解決するための法的根拠であり、基本的には騒音の発生源側(通常、トラブルの「原因者」)に対して規制基準の遵守義務を課している。この規制権限は市町村長に委ねられ、問題解決のための調査(発生源の特定、規制基準適合性の判定)を経て、原因者に改善措置(騒音防止対策)が指示される。

市町村が実施するこれら一連の苦情処理においては、時に発生源の特定や苦情原因の究明が困難な場合がある。CESS はこのような技術的難易度の高い苦情案件について、市町村の依頼のもとに詳細な調査(騒音診断)を行い、問題解決に必要な技術情報を提供をしている。CESS では前身の公害センターの時代から、30年以上にわたって約150件の騒音診断や対策のアドバイスを実施してきた。ここでは、実例を用いて診断から解決への道筋を示す。また、静穏な社会の実現を目的とした研究(音源低騒音化技術の開発)についても、その成果の概要を紹介する。

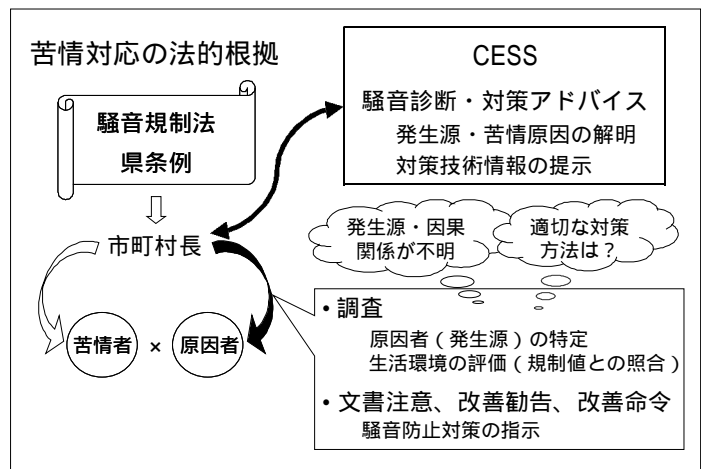


図1 騒音苦情におけるCESSの役割

2 人間の耳の聞こえ方と騒音の評価方法

音は振動や衝撃によって空気中に発生した圧力変化が伝搬するもので、変化の大きさを「音圧」、変化の早さを「周波数」という。音圧は音の強弱、周波数は音の高低に関係する。人の聴感覚(音の大きさの判断)はその両方に依存する。図2の等感度曲線はそれを示したもので、「同じ大きさ」に聞こえる音圧を周波数ごとに調べたものである。図のように、人は低い音ほど耳の感度が低下する(強い音圧が必要)。なお、最下端の曲線は「最小可聴値」と呼ばれ、これ以下の音は聞き取ることができない。

等感度曲線のレベルが高くなるほど大きく聞こえるが、人は一般に大きな音ほど「うるさい、騒がしい」と感じるため、「音の大きさ」が騒音の評価に用いられている。具体的には図の聴感補正特性と呼ばれる一種のフィルタを通して騒音を測定する。このフィルタは人の耳の聞こえ方(等感度曲線)を模したもので、周波数が低く

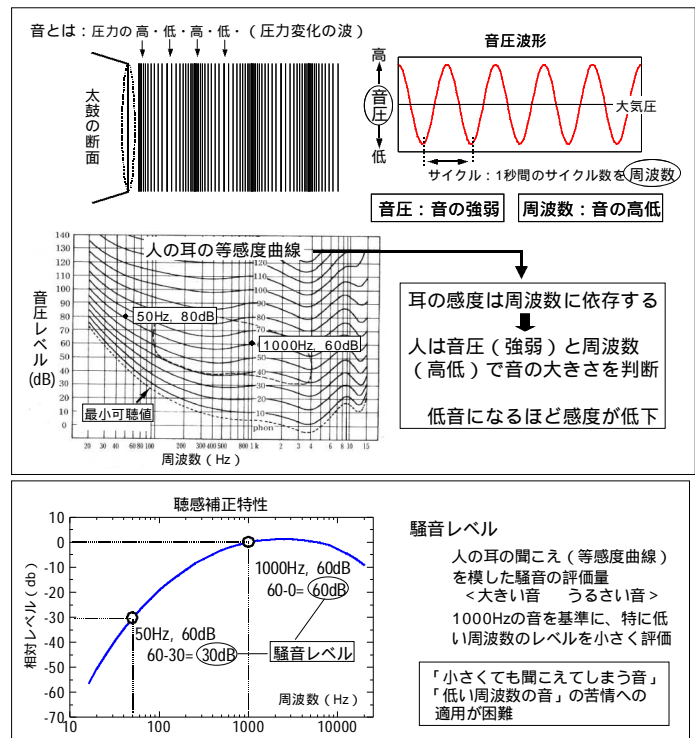


図2 騒音の周波数補正評価(騒音レベル)

なるほど音圧を下げて評価する。このように測定された音圧レベルを騒音レベルと呼び、法や条例の規制に用いられている。

しかし、実際の騒音苦情は様々で、「うるささ(音の大きさ)」を指標とした騒音レベルだけで苦情の実態を捉えることができるわけではない。特に最近では苦情内容の質的な変化が見られ、従来の「騒音(うるさい)」のイメージから離れて、「聞こえる・感じる」だけで苦情となるケースが多くなっている。すなわち、規制基準以下の音でも苦情になることがある。さらに、騒音レベルは低い周波数の音を実際の音圧より下げて評価するため、低周波数の音はかなり明瞭に聞こえていても騒音レベルとしては小さくなり、規制基準を大きく下回る場合が多い。いわゆる「低周波音公害」は、このような「苦情の質的变化」に「騒音レベルによる評価」が調和しないことによって問題となったものである。現時点では、その質的变化に対応する評価方法は確立されていないため、苦情現場ではケースバイケースの対応になる。ここでは、そのような「うるささ」ではない苦情について、CESS ではどのように対応するかを紹介する。

3 騒音苦情の診断と対策アドバイス

3.1 低周波音公害の診断と対策事例

ある鋳物工場から約 140m 離れた民家で、工場の操業時に「室内で圧迫感・不快感を覚え、いらいらする」という苦情が発生した。市役所の調査では、工場敷地境界の騒音レベルは規制基準値を下回り、苦情者宅室内でも約 30dB と低いレベルであった。これは「十分静か」と評価される値である。そこで、苦情原因の究明と発生源の特定について CESS への調査依頼がなされた。

図 3 上(診断)のグラフは CESS が行った精密な周波数分析の結果(音圧スペクトル)を示したものである。苦情者宅室内のスペクトルに明瞭な卓越成分(24.75Hz , 72.1dB)が現れ、そのレベルが最小可聴値をわずかに超えている。一般に人が「音」として認識できる周波数範囲は 20 ~ 20,000Hz と言われているが、その下限値に近い周波数(20 ~ 30Hz)では「音が聞こえる」という感覚を伴わない場合がある。そこで、苦情者はこの 24.75Hz の音波を感知し、「圧迫感・不快感」と表現したものと推定された。

次に、工場内の多数の機械施設について音源探索を行った結果、振動破砕機から同一の成分が検出されたため、破砕機の停止とともに苦情者宅の成分が消失することを確認した上で、この施設を発生源と断定した。

この事例では規制基準を超過していないため、原因者に改善勧告などの法的措置をとれない。また、通常の遮音対策(建物の遮音能力を高める方法)では巨額の費用がかかるため、原因者に協力を得ることも困難である。そこで、低コストの対策方法を検討するために、低周波音の発生原因について詳細に探求した。その結果、破砕機の振動板から発生する原因成分がケーシングで共鳴増幅している可能性が認められ、共鳴を離脱するためのモータ回転数変更対策を提案した。

図 3 下(対策)のグラフは、回転数変更前後の室内音圧スペクトルを比較したものである。変更前の原因成分(24.75Hz : 毎分 1485 回転)

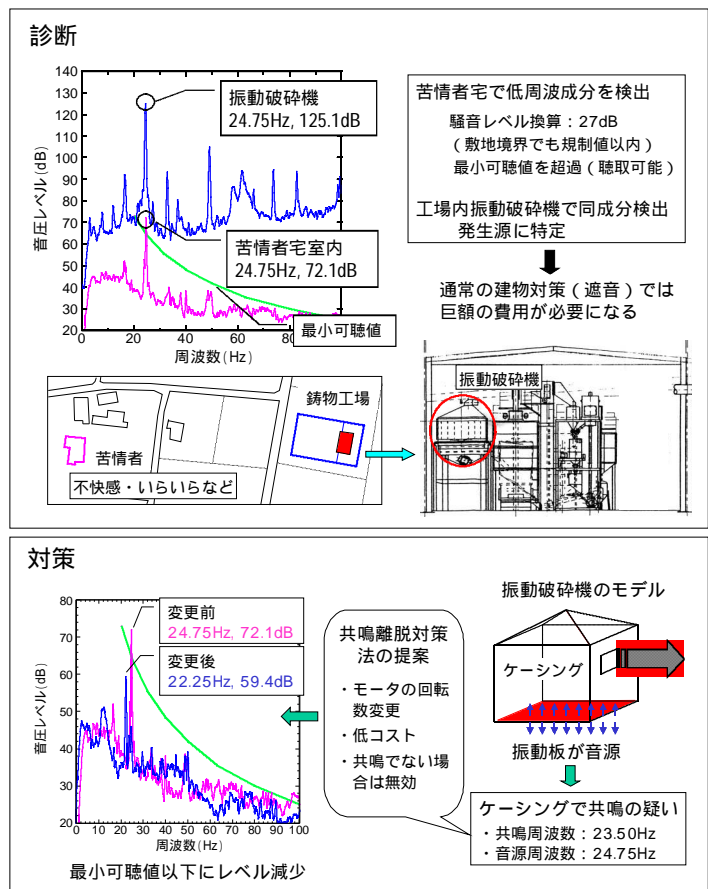


図3 低周波音の診断と対策

が、回転数を下げることにより 22.25Hz（毎分 1335 回転）に変化し、最小可聴値を十分下回る音圧レベルになった。これは、結果的にケーシングの共鳴増幅とした診断が正しかったことを示すものである。また、この対策により苦情者の「圧迫感・不快感」も解消した。さらに、モータに周波数変換器を装着しただけであるため、原因者も協力しやすい対策費用（約 10 万円）であった。

3.2 苦情内容の検証事例

これは、苦情者の主張を科学的に証明できなかった事例である。市街地にある住宅で深夜の騒音苦情が発生した（図 4）。市役所の調査では苦情者の主張する音が確認できなかった（道路騒音の方が大きい）ため、苦情の事実関係の有無と発生源の特定について CESS が調査を行った。

図のグラフは交通騒音の影響を避けて測定された音圧スペクトルである。苦情者宅室内のスペクトルは最小可聴値を大幅に下回り、通常の聴力をもつ人が聞き取れる成分は存在しない（交通騒音がないときはシーンとしている）。さらに、発生源とされる工場で深夜に稼働するすべての機械施設のスペクトルを調べたが（図に代表的なものを例示）、苦情者宅と共通する成分をもつ施設は一つしかなかった（ただし、最小可聴値以下）。これらの結果はいずれも苦情者の主張する内容を支持しない。この事例では、市役所が CESS の調査結果をもとに苦情処理の打ち切りを決定した。

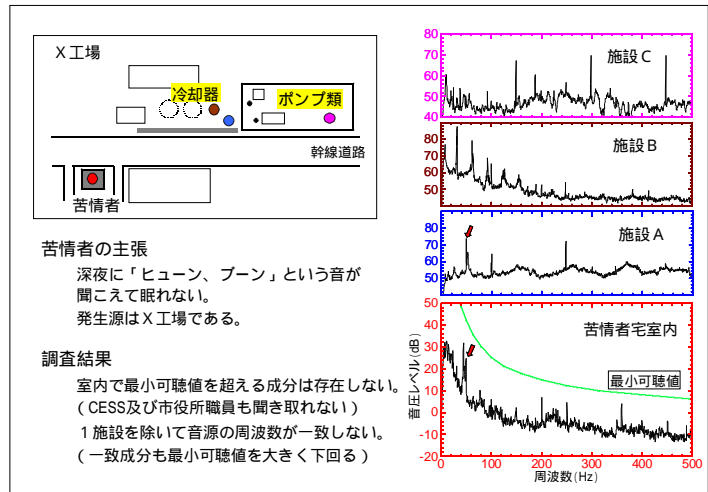


図4 苦情内容を証明できない事例

前述の低周波音の事例と同様、CESS では規制基準以下の騒音苦情の診断に最小可聴値を用いることが多い。ただし、最小可聴値は法的措置の判断基準にはならない。さらに、最小可聴値は健全な聴力をもつ人の平均値であるため、それ以下の値を聞き取れる人がいる可能性も否定できない。一方で、最小可聴値を超える（聞こえることが証明される）場合にすべて原因者が改善すべきだとするのも、必ずしも妥当な解決策とは言えないだろう。規制基準以下の騒音苦情は、このように苦情者及び原因者のみならず、行政担当者にとっても解決が困難な課題である。CESS では最小可聴値だけでなく他の騒音評価法なども合わせて、客観的な行政判断ができる診断結果や原因者の負担の少ない対策案の提示を行っている。

4 低騒音化技術の開発研究

近年、機械施設の多くが低騒音化されつつある。このような低騒音機器の普及が進めば、より静かな環境の創造が可能になる。CESS ではその普及のために、企業・大学と共同して効率的で低コストの低騒音化技術の開発研究を行っている。

4.1 基本的な考え方

従来の技術は試作機や製品について、全体の音量を下げることを目的として音圧レベルの高い成分から順次低減対策をとる方法を用いてきた。しかし、この方法は試行錯誤的で効率が低く、コストがかかる。また、全音量が下がっても不快な音が残る場合がある。そこで、本研究では全音量の低減ではなく、音質の改善を重視して不快に感じる成分に焦点を絞った対策の可能性を検討した。

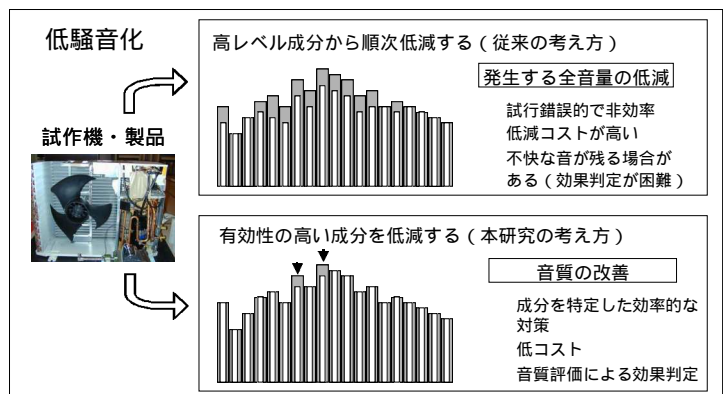


図5 従来の低騒音化技術と本研究の狙い

4.2 音質評価法

本研究の低騒音化技術の特徴は、機器の発生騒音及び効果判定を騒音レベルだけでなく「音質」を重視して評価することにある。この音質評価にはSD (Semantic Differential) 法を用いた。これは図 6 に示すように、ある基準の音と評価対象の音を複数の被験者に聞かせ、7 組の形容詞対について基準音 (すべて 4 点とする) に対する対象音の評点をつける。音質の判定はレーダーチャートに表示される面積が小さいほど良好とする。

4.3 低騒音化の手順と適用例

低騒音化の手順は以下のとおりである。

- ・音質評価による対策成分の特定
- ・実験モード解析・数値モデルによる発生機構の解明と構造変更 (低減対策)
- ・音質評価による効果判定

本研究は、既往の対策手法 () に音質評価の手続き (,) を組み込む方法確立し、一般化することを目的とする。以下に、近隣騒音や低周波音の苦情原因となることが多い空調室外機を対象に、この方法論を適用した結果を示す。

はじめに、対象機器の発生騒音について音質評価法により不快な成分を特定し、その成分の発生個所を突き止める。そのために、特別な音響実験室 (無響室) での精密計測を行う (図 7)。この事例では、400Hz の成分が不快であると判定され、それがコンプレッサ系の配管から発生していることがわかった。

次に、発生個所でどのようなメカニズムによって音が発生するかを解明する。これには、機器の部材・部品の形状を数値モデルに置き換えて、力が作用したときにどう変形するか、どのように振動するかを予測する方法 (有限要素解析など) を用いる (図 8)。この事例では、配管の一部の大きな揺れが 400Hz の音の発生原因であることが判明し、構造変更の方法が見出された (補強部材の装着)。

最後に対策後の音質評価を行い、不快感が大幅に減少した結果を得た (図 9)。

本研究により、音質評価を組み込んだ低騒音化技術の実用性が確認された。この方法は対策成分の特定や効果判定が合理的であるため、高効率・低コストの対策が可能となる。

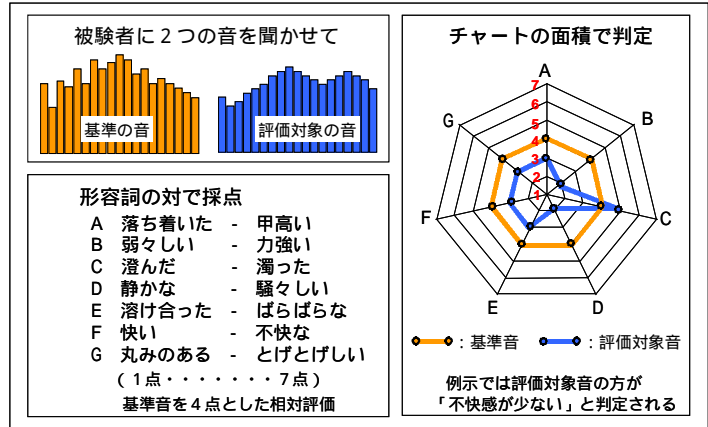


図6 音質評価法 (SD法) の概要

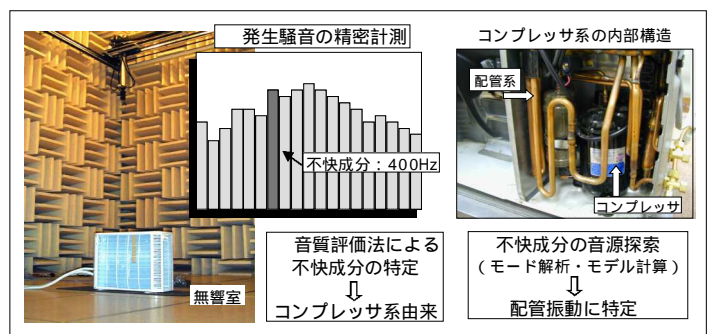


図7 対策成分とその発生個所の特定

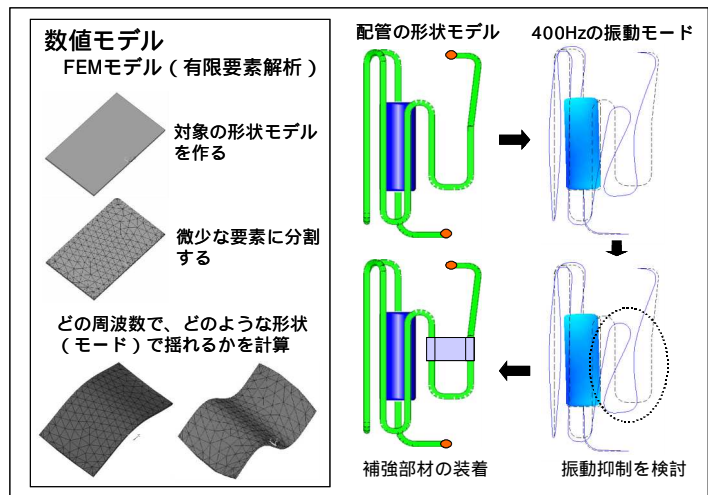


図8 騒音発生メカニズムの解明と構造変更対策

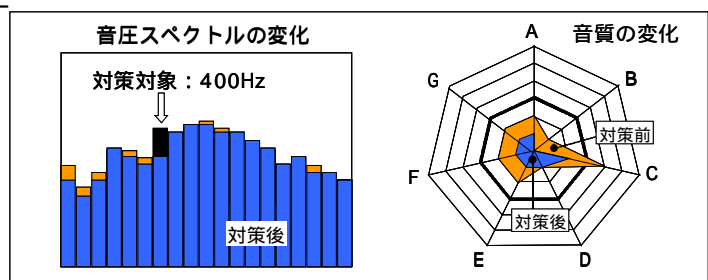


図9 低騒音化 (音質改善) の効果