

# 低周波騒音の対策事例

- 青木雅夫（青木応用音響（株））  
奈良崎 克美（（株）大和環境分析センター）  
北本 孝（（株）公害環境技術研究所）

## 1. はじめに

振動体から発生する低周波音の対策において、振動方向の前後において音圧の位相が 180 度異なることに着目すれば、互いの音波を干渉させて消音することができる。今回、1 階と 2 階の中間部に設置された振動乾燥機の低周波音対策において、1-2 階を仕切る鋼板をエキスパンションメタルに変更することによって音波の干渉の促進を図る方法や、共鳴型吸音体の設置による対策、ANC 技術の適用などの検討を試みたのでその結果を報告する。

## 2. 騒音の発生状況

低周波音の発生源は、図 1 に示すように 1 階と 2 階の界床の開口部に設置された振動乾燥機である。振動機構は、2 台の振動モーターを本体側面に取付け、斜め上方の半楕円状の振動を発生させる構造である。

完全な鉛直方向の振動ではないが、上下階の低周波音と乾燥機の鉛直方向の振動との位相差の分布を測定した結果、図 2 に示すようにおおむね 180 度の位相差が確認された。

したがって、この上下方向に放射されている逆位相の音波を効率よく相殺させる方法を検討すればよいと考えられる。

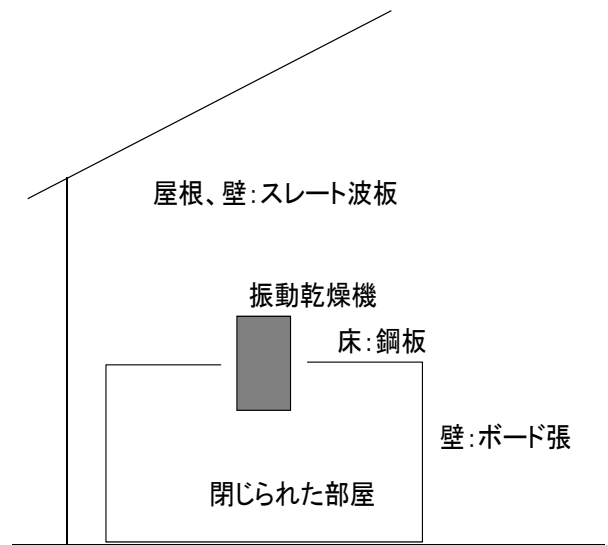


図 1 発生源の状況

## 3. 界床を鋼板からエキスパンドメタルに変更 — 第 1 ステップ —

1 階と 2 階の界床（鋼板）を、通気性のエキスパンドメタルに変更し、上下に放射される音波の干渉を積極的に促す。すなわち、スピーカシステムから、箱の部分を取り外し音の放射の能率を低下させるのと同じ方法であるといえる。

工法として最も安価であり、効果も大きいと考えられる。

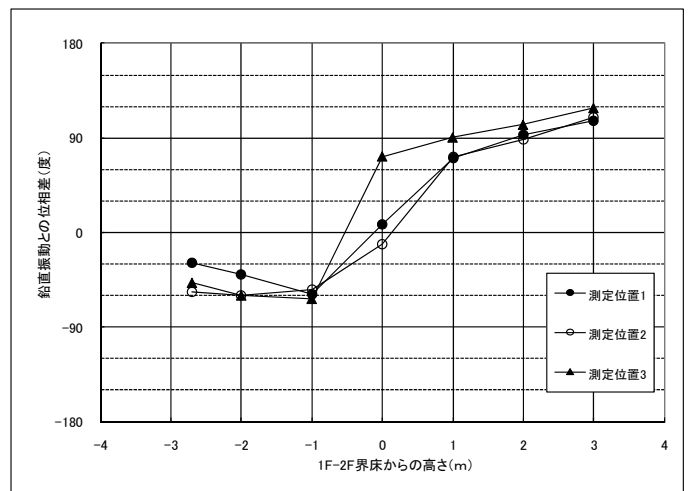


図 2 振動乾燥機上下振動と発生騒音の位相差

#### 4. 2階に界壁を設置 — 第2ステップ —

また、2階部分には外壁はあるものの室内に解放されている。そこで2階部分の民家側に界壁を設置し、民家側への伝搬を抑制するとともに、界床上下の音波の干渉をさらに促す構造とした。

天井側及び民家反対側については開放のままとしている。したがって、いわゆる遮音対策による対策とは異なっている。

#### 5. 共鳴管による吸音対策 — 第3ステップ —

次に、特定の周波数の音を吸音する吸音構体の設置について検討した。吸音体としては、ヘルムホルツの共鳴体、波長を考慮した1/4波長の音響管などが考えられる。

ヘルムホルツ型の共鳴体の場合、構造が複雑で低周波領域まで剛性を保ったものを作成しようとする大規模なものになることが多い。今回は、構造が簡単な塩ビ管を用いた1/4波長の音響管によるものを検討した。

そこで、実際に施工する前に模型実験によって検討した結果、音響管による吸音について、次のようなことが分かった。

- 1) 音響管の開口部を音源に近づけることにより吸音効果は大きくなり、空間的にも広範囲に及ぶ。
- 2) 音響管底部の気密性、剛性によって共鳴の度合い (Q) が大きく変わり、効果も変化する。
- 3) 開口部に吸音材などの抵抗成分をつけると共鳴の度合い (Q) が非常に小さくなる。
- 4) パイプ底部に吸音材を付加すると共鳴現象が広帯域化し (Q が低下)、周波数も低域にシフトする。
- 5) 同径の音響管を複数配置すると共振の度合いが低下するとともに広帯域化する。各音響管が干渉することが考えられ、配置によっても効果が変わる
- 6) 開口端補正係数は、内半径の 0.62、外半径の 0.58 であった。

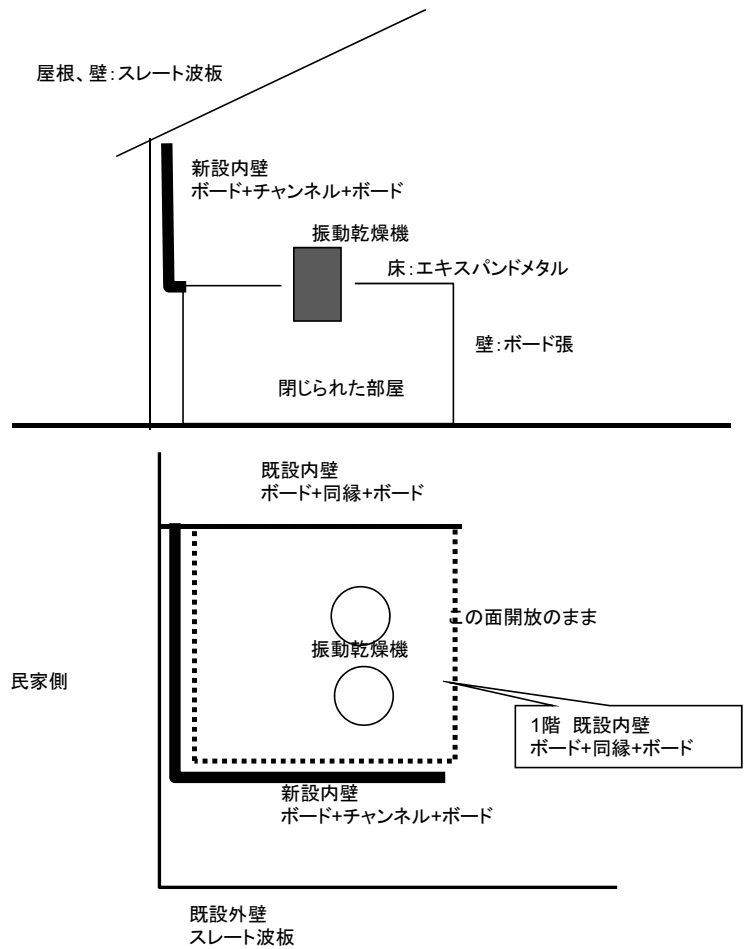


図 3 界床の変更および2階内壁の増設

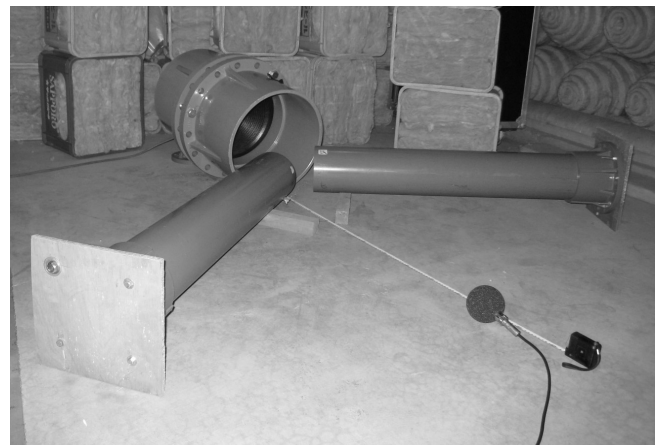


図 4 音響管による吸音実験

図 5 は底部に吸音材を付加した音響管 2 本を音源直前に配置した時の吸音効果を示したものである。

設置する音響管の数は、その開口部面積が乾燥機の断面積の 1 割程度を確保できるように上下各 3 本とした。

管の長さは、工場内の気温の 1 年間の変化を 0℃から 40℃として求めた。20Hz の 1/4 波長での共鳴周波数は、直径 298mm の開口端補正を施して 4052～4357mm となる。そこで、規格品の 4000mm のパイプ、ソケット、エルボー、調製用尾管を組み合わせることで現地で長さを調整することとした。季節の気温変化についても、振動数の調整、全長の調整で対応することとした。

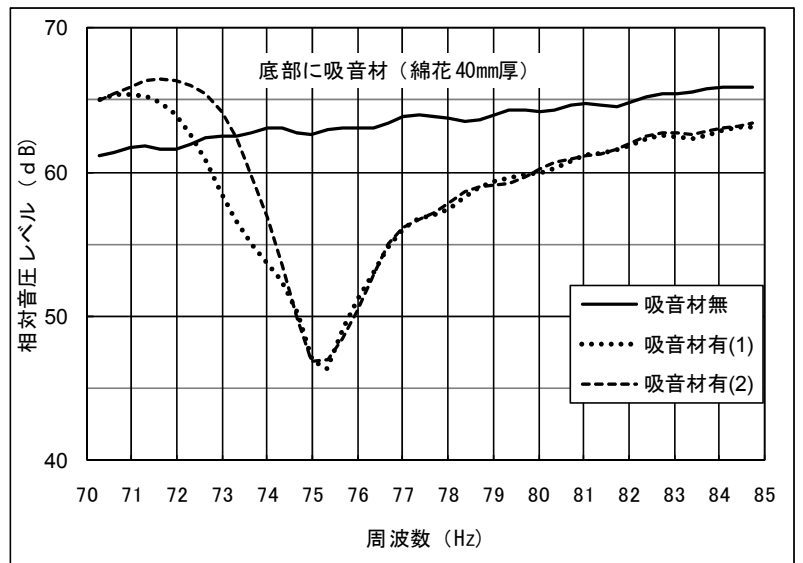


図 5 音響管 2 本による吸音効果 (音源より 1m 正面での効果)

## 6. 対策効果の一覧

以上、3 段階のステップを踏み対策を進めてきた。それぞれのステップでの民家前における低周波音の変化を表 1、図 6 に示す。それぞれの対策工が有効に働いている様子がよくわかる。特に、界床を通気性のエキスパンションメタルに変更した効果が大きい。

また、同図には、環境省の「低周波音問題対応のための「評価指針」」に示されている参照値を同時に示したが、対策後ではこの参照値を充分下回っており、2 台駆動時でも十分であった。

表 1 対策ステップと効果 単位：dB

稼働台数	対策のステップ	20Hzの音圧レベル	前ステップからの低減分	無対策からの低減分
1 台	無対策	80	-	-
	界床エキスパンションメタルまで	72	8	8
	2階界壁の増設追加	67	5	13
2 台	音響管の配置追加	61	6	19
	無対策	84	-	-
	音響管の追加まで	63	-	21

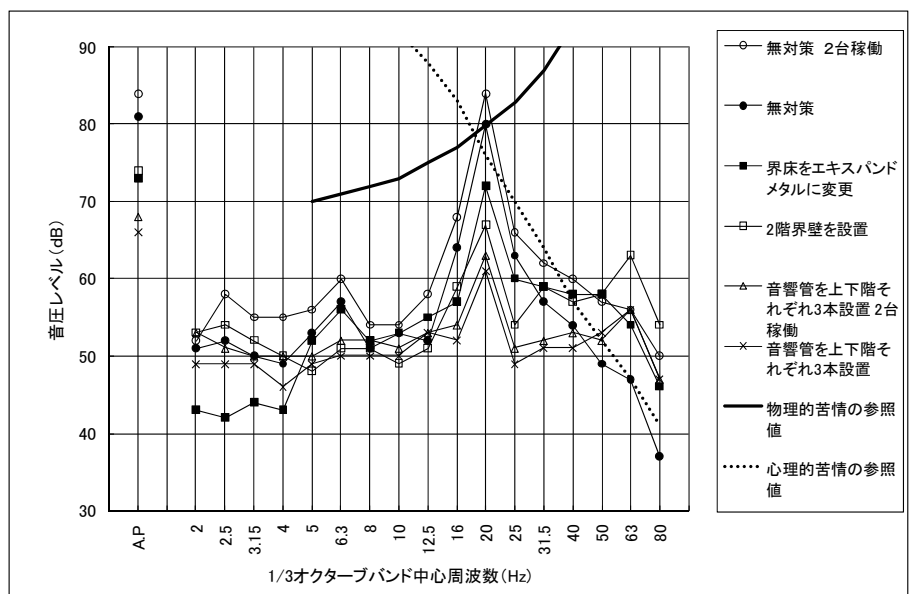


図 6 対策のステップと音圧レベルの変化

## 7. ANC による対策の試み — オプション —

振動する板からの放射音の対策として、上下 180 度の位相の異なる音源（ダブルレット）の特徴に着目し、上下の音波を ANC 技術を用いて相殺する方法を検討した例があり、縮尺模型実験にてその大きな効果（20～35dB）がみられている（<http://www.eonet.ne.jp/~aoki-appl-acoust/shindouanc.html>）。

ここでは、ダクト等の設置の制約上、この方法ではなく、2 階床をエキスパンドメタルに改修した後に、通常の ANC を試みた。この場合、2 階部分に放射される低周波音は室内の空間に放射される構造になっている。

ANC 装置の概要を図 7 に示す。逆相の信号を作成するための参照信号として振動体の鉛直方向の振動を用い、対策を行いたい方向に音源中心から約 4m 離れた位置にエラーマイク（音圧を消去する地点）を設置した。

使用したスピーカシステムは、4360mm の音響管を用いた構造で、20Hz の音を 108dB（55W, 1m）程度まで再生可能である。

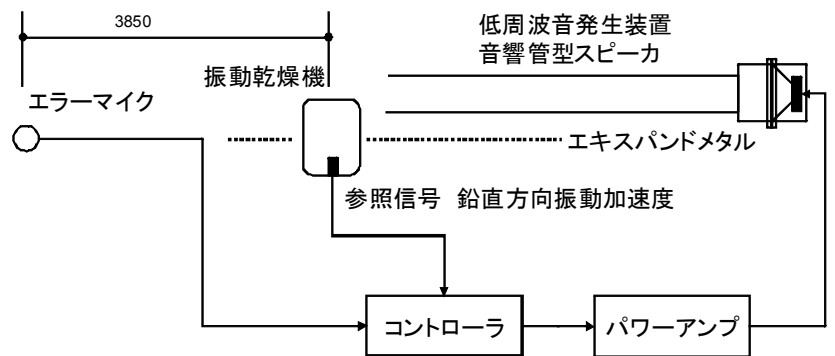


図 7 ANC 装置の概要

ANC によるコントロールの有無（On-Off）による制御点（エラーマイク位置）、民家前の音圧レベルの変化を図 8 に示す。

制御点では 25dB を超えるレベルの低下がみられるが、民家前では 3dB の効果にとどまっている。

制御点の位置の選定を十分に行う必要があると考えられるが、対策のひとつの方法として有効であることが確認された。

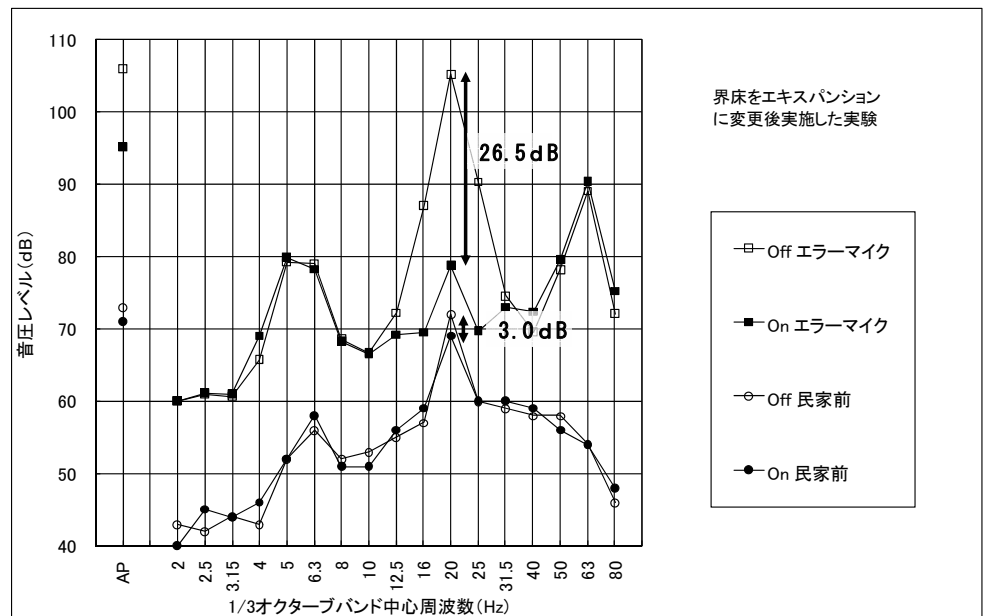


図 8 ANC による対策効果

## 8. まとめ

今回実施した振動体の低周波音の対策において、位相に着目した対策が非常に有効であることが分かり、音響管による吸音効果もみられた。また、ANC による対策の可能性を示すことができた。