

東京都環境科学研究所

No.20

ニュース

騒音を低減する新技術の開発

— 騒音を騒音で小さくする技術 —

1 はじめに

行政に寄せられる騒音の苦情は公害苦情の中で毎年最多の件数を占めています(図1参照)。騒音でいらいらする。騒音が気になって眠れない。騒音被害に遭われている方から寄せられる苦情の多くはこのようなことです。

騒音は、四方八方に広がるため途中で取り除いたり、低減させることが難しいのです。環境科学研究所では、どのようにすれば騒音を低減できるかについて研究を続けてきています。

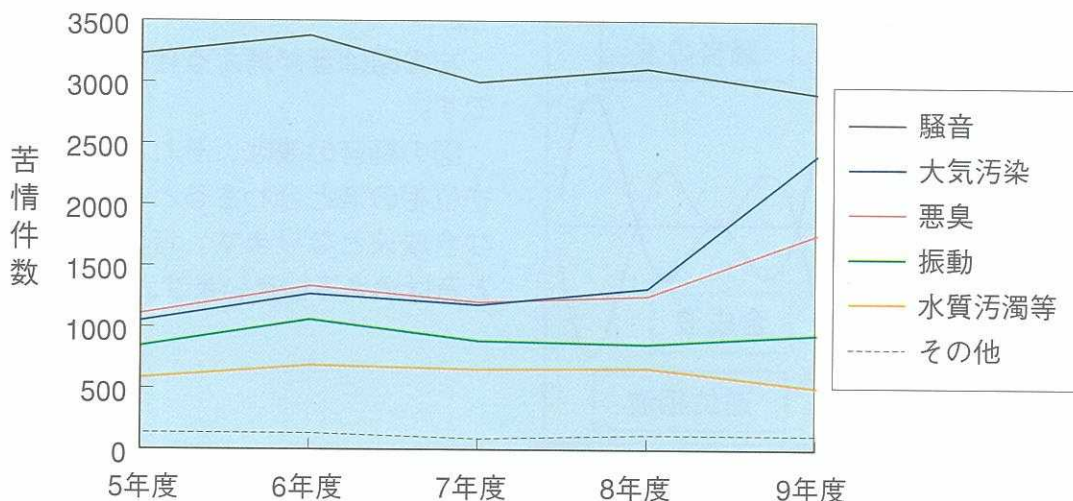


図1 5年間にわたる苦情件数の推移

今回のニュースで紹介する騒音低減技術は、音の波の性質を利用して騒音を低減しようとするアクティブ・ノイズ・コントロール(以下ANCと略す)システムです。

この技術を要約して説明すると、音の波と、まったく反対の形の音波をスピーカから出して、二つの音の波を重ね合わせることで音を小さくしようとするものです。

従来は主にコンピュータを使った研究が進められていましたが、一定の壁を越えられませんでした。今回、回路によるアナログ式により画期的な開発を行うことができました。

2 壁で騒音を遮断できるか

騒音は空気中を伝わってきます。それなら途中に壁などの障害物を立てれば遮断できると思われるかも知れません。

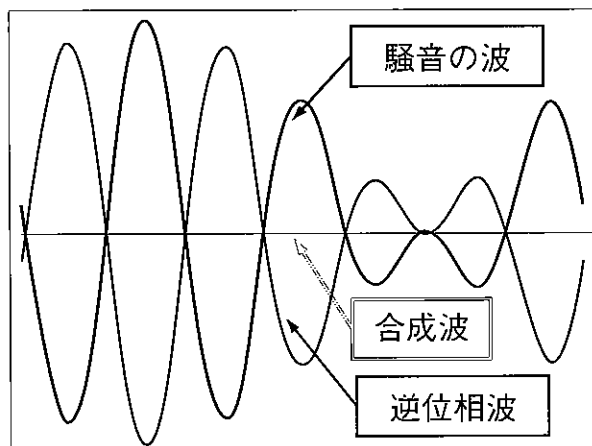
しかし音を壁で遮断したいと思っても、騒音は壁の切れ目をとおり抜けたり、上のふちを乗り越えてしまいます。音は壁などの障害物を乗り越え裏側に回り込む性質、つまり回折(かいせつ)現象があるからです。したがって、騒音を壁で小さくするためにはかなり高い壁を立てなければなりません。

しかし大型の構造物は街の景観や地域の安全と相反する場合があります。低い壁でも回折する騒音を低減できれば、騒音問題の解決に大きな期待ができます。

3 騒音には騒音をぶつけて音を下げる

音は海の波に見られるように山と谷の部分が連なって伝わってきます。そこで、この波形を検知し、瞬時に山と谷の部分をひっくり返して逆にした音を重ね合わせることができれば、山を削った土で谷を埋め平坦な土地を造る土木工事と同じように、音の山谷を無くす、つまり静かにすることができます(図2参照)。

今回の研究は、この原理を壁の回折波低減に応用しようと考えました。道路などでは音の発生源は移動しますし、エンジン・タイヤなど複雑です。そこで次に解説するような理由で壁の回折波に注目したのです。



(注)

左の図は音が消える仕組みを示したものです。

図の騒音の波は、それと向きが正反対の逆位相の波と合わさると、図のような平坦な合成波となります。音の波が平坦になると音は消えてしまいます。

図2 消音の原理

4 低減技術開発の考え方

もう少し回折現象について考えてみましょう。この現象を理解する上で、今から300年昔にオランダの物理学者ホイヘンスが行った解説が役に立ちます。

音が壁の端にぶつくと、そこから新たな音が球面状に作られます。本来まっすぐに通過する音が、ぶつかった場所を起点として新たに球面波ができるため、壁の裏側に音が回り込むこととなります。これが回折現象の説明です。

この原理を回折騒音の低減技術に応用すると、①図3(概念図)のようにまず壁端にぶつかる音情報をマイクロホンで集音解析した後、②その音の波形と山谷が逆の音を作り出し、③壁端近くのスピーカから出す。すると形が逆の音同士が重なって(互いの音が干渉して)、騒音を低減することができます。

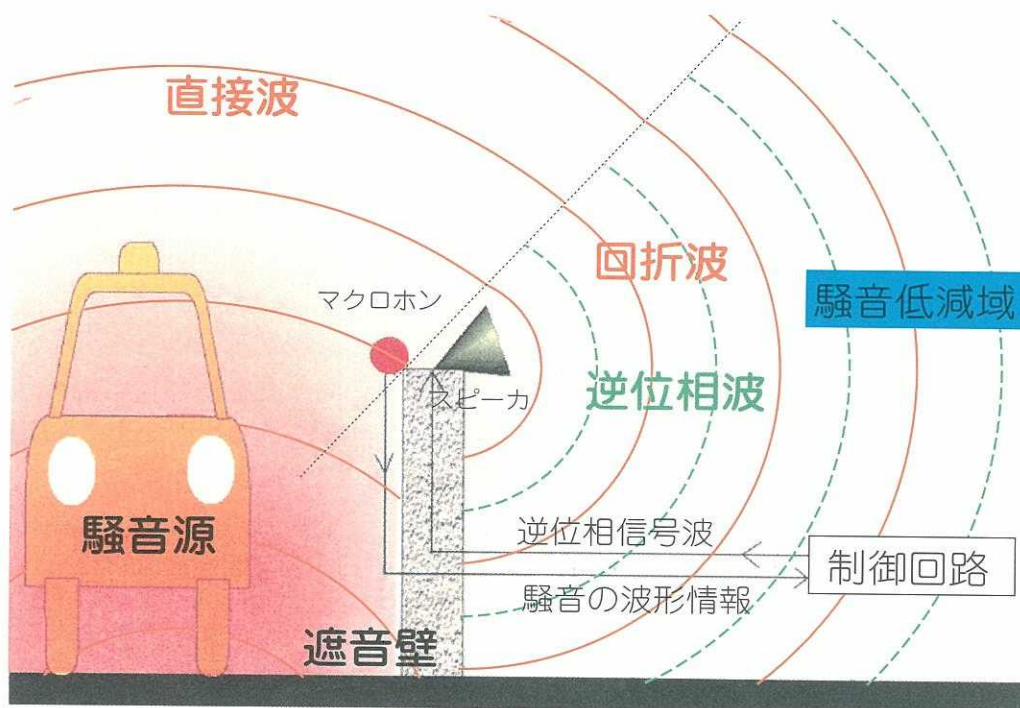


図3 概念図

5 低減技術の難しさと工夫

音同士を重ね合わせるだけと言うと簡単そうに聞こえますが、実は大変難しいことです。私たちが耳にする騒音（人間が感じることのできる周波数は20Hz～2万Hzとされています。）は2万Hz以下の単調な音が様々に混ざり合ったものです。このような騒音に対して、瞬間的に精確に逆波形の音を作り、スピーカから出して重ね合わせなければならないからです。500Hz以下の定常的騒音に対する逆波形の音については、これまでの技術で作り出すことができます。しかし、それは騒音のごく一部にすぎず騒音を低減する効果には限界があります。それよりも高い周波数を含む自動車騒音のような常に音が変わる騒音に対して、元の騒音が通り過ぎない内に重ね合わせるといった技術は、これまで確立されていませんでした。

これを可能とする技術を完成させるため、次のような工夫をしました。

- ①騒音がどんな形をしているか検知する集音マイクロホンと逆波形の音を瞬時に出すスピーカが隣りあっていれば、音同士を重ねる上で都合がいいと思われれます。しかし、これではマイクロホンがスピーカから出る音を拾ってしまい、音が増幅してハウリングが起きてしまいます。今回は、放物面状の切り込みを持つパラボラマイクロホンを用いることにより、これを防止することができました。
- ②どんな騒音がきてもこれを低減できるようにするためには、入ってきた騒音がどのような波形であっても、これと上下が等しく向かい合う逆波形を作り出す必要があります。ここで問題があります。音は周波数が高くなるほど波の間隔が短くなるので、スピーカから出る逆波形の音は遅れがちになります。つまり、高い周波数になるほど早めに音を出す工夫をしないとイケません。そうしないと騒音と逆波形の音の山・谷があわないため音の低減がはかれません。そこで、これを改善するため、一定の周波数の範囲ごとに音のずれ、音の大きさの狂いを調整する必要があります。

しかし、周波数成分を切り分けるためのフィルタ（ふるいのようなもの）は、切り取ら

れる周波数帯の中心から両端にかけて感度が鈍くなるため、入ってくる音(騒音)とフィルタを出ていく音の形は同じではありません。フィルタの特性をお椀に例えると、ちょうど平らにならした土の上にお椀を押しつぶせ抜き取られる土の形を思い起こして見てください。中心が高く両脇に至るほど低くなっています。これと同じ結果が周波数の切り取りでも起こっています。

入ってくる音と出ていく音がちょうど上下が等しく向かい合うようにするには、フィルタで切り取られる周波数が中心部と両端部で同じである(平坦)ことが必要です。

これを行うために、次のような工夫をしました。先ほどの例で使ったお椀形をしたフィルタで説明すると、このお椀の形に対して逆の形をなすフィルタを作り重ね合わせることでよりつくり出しました。つまり、フィルタにおいてANCを行ったということです。

これにより、単独ではお椀形をしていたフィルタ特性が逆の形をしたフィルタと重ね合わされることにより平坦状態を維持できるようになり、3KHzに至る周波数領域にまで良好な低減効果を得ることができました。

6 騒音低減実験結果

このアナログ式ANCシステムが順調に機能するか、研究所内で実験をおこないました。

(1) 壁の概要

所の中庭に、写真1、図4のように高さ1m、横幅1m、厚さ12cmのブロック壁と音の回り込みを緩和するため袖壁を作製しました。ブロックの上には逆波形の音を出すスピーカ6台を配置しました。

騒音源は二種類用意しました。一つは標準音源(ホワイトノイズ)で、もう一つはマフラーを取り外したオートバイ(ホンダ(株)製スーパーカブ50cc、運転モードはアイドリング)で、どちらも壁から1.4m離して置きました。



写真1 消音実験

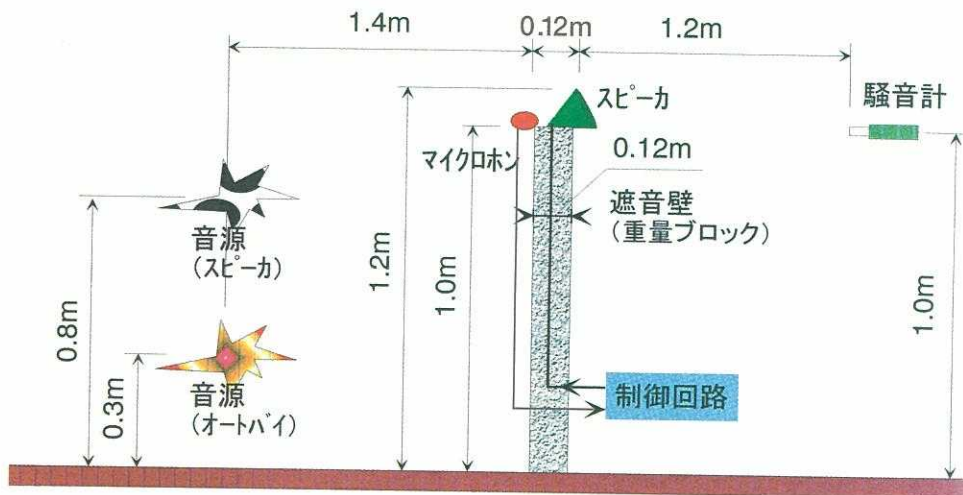


図4 模式図

(2) 実験結果

A ホワイトノイズでの結果

A NCの回折騒音低減効果を騒音計で計測した結果69dBAが64.4dBAとなり、4.6dBAの減音が認められました。この低減効果は、道路で実際走っている場合に置き換えると騒音源の数を7割削減したのと匹敵します。図5、6に周波数特性及び周波数毎の低減レベルを示します。

図6の周波数毎の低減レベルを見ると500～2500Hzに到る帯域において、1700～2000Hzを除き低減していることがわかります。2500～3500Hz域においてレベルの上昇が見られますが、これは周辺壁面からの反射によるものと思われる。

(2) オートバイの結果

A NCの回折騒音低減効果を騒音計で計測した結果69.1dBAが65dBAとなり、4.1dBAの減音が認められました。この低減効果は、道路で実際走っている場合に置き換えると騒音源の数を6割削減したのと匹敵します。図7、8に周波数特性及び周波数毎の低減レベルを示します。

図8の周波数毎の低減レベルを見るとホワイトノイズでの結果と近似した特性が見られます。また、衝撃的騒音に対しても低減効果のあることが認められます。

音源の種類に係わらず、A NCシステムの周波数低減特性に見合った低減効果が得られることがわかりました。

8 成果の活用

アナログ技術の開発により高周波数域でも低減効果をあげることができました。この成果は、騒音を完全に無くせるものではありませんが、低減が困難な騒音エネルギーを70%近く低減する効果をあげることができた画期的な技術といえます。

本技術は未だ十分に完成されたものではありません。より精度を上げ、より高い低減効果を得ること、そして、装置の耐久性向上など、まだまだ検討課題が残されています。

この技術の完成度が上がり、実用的な騒音低減技術として利用していただける日が一刻も早く訪れるよう研究をすすめていきたいと考えています。

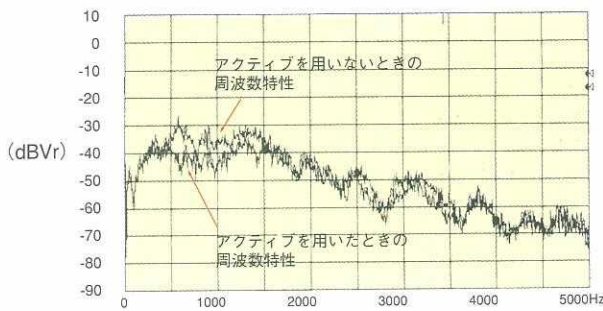


図5 周波数特性(ホワイトノイズ)

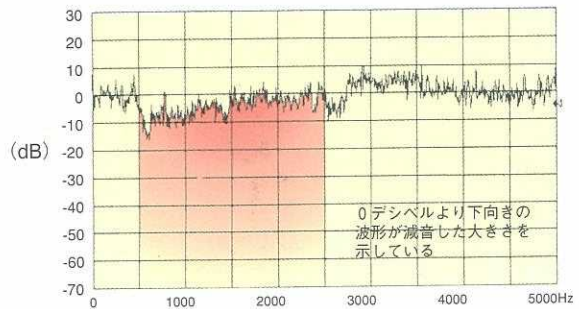


図6 周波数毎の低減レベル(ホワイトノイズ)

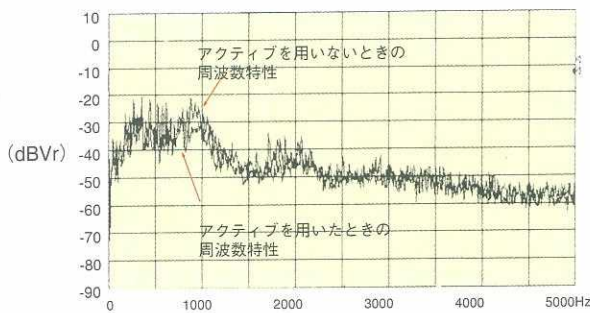


図7 周波数特性(オートバイ)

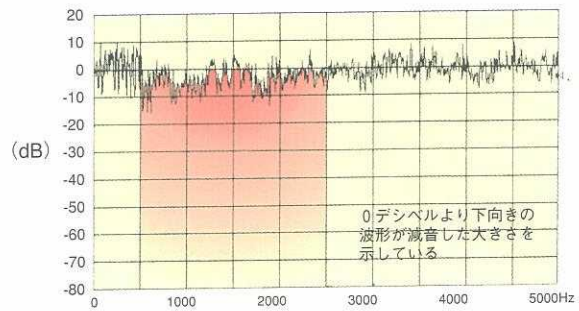


図8 周波数毎の低減レベル(オートバイ)

タイ王国「東部臨海開発」 総合評価調査に派遣されて

基盤研究部研究員 三好康彦

平成10年11月16日から26日まで、タイ南部マプタプット臨海工業団地の環境事後評価のため、OECE (The Overseas Economic Cooperation Fund: 海外経済協力基金)の専門家として派遣されました。マプタプット工業団地は、バンコックから約200 km離れていて、車で約2時間ほどかかります。この工業団地には日本から数千億円の借款がなされています。数年前から50工場程度が操業を開始しています。石油精製工場が2工場、石油化学工場が40工場以上、その他化学肥料工場や無機化学工場などがあります。

派遣の内容は、工場地帯の大気汚染、水質汚濁および産業廃棄物処理について現状の把握

と改善提案を行うというものでした。調査方法は関係機関からの測定データの収集とインタビュー、周辺住民や自治体との面談、工場への訪問などによるものです。

調査結果はおおよ次のとおりです。

- (1) 大気汚染 昨年までは悪臭が大変深刻で、近くの中学校では、6ヶ月間学校を移動したそうです。行政の指導もあって、工場の悪臭対策をほぼ完了したところです。しかし、事故があった場合のことを考えて、学校を移転させるとのことでした。その他の項目では、オゾン濃度が少し高いことが気になります。
- (2) 水質汚濁 海には赤潮の発生がみられようになったことです。水温が平均28℃でほとんど変化せず、工場から濃度の高い窒素やりんが流入するためです。しかし、東京湾の内側のように汚染されておらず、まだまだきれいな状態です。タイ政府の援助で設立された廃棄物処理会社の環境対策が必ずしもうまくいっておらず、埋め立て地の周辺の地下水が汚染されているようです。
- (3) 産業廃棄物 廃棄物処理会社(GENCO)の設立で工業団地内の工場は、廃棄物処理ができるようになっていましたが、日本と同程度の高い処理費用や地下水汚染、悪臭などの問題をかかえています。また、不法投棄も増加しているとのことでした。
- (4) 各工場の状況 団地内の工場は外資系が中心であるため、ISO14001を取得した工場も多く、調査時には日本と同程度もしくはそれ以上の対策を行っているところも多いという印象でした。たとえば、排水処理場にカバーして臭気ガスは燃焼処理を行うなどです。

提案では、大気と水質測定方法、悪臭対策、コンピュータシュミレーションなどによる汚染予測、赤潮対策、廃棄物処理などの改善について行いました。

ところで、滞在期間は短かったのですが、私のカウンターパートを通じてタイ人の人柄がかなり分かってきたように思いました。親切でいつも笑顔を絶やさずに接してくれることです。このことはホテル以外でも同じでした。

言葉についてですが、相手によって分かりやすさが極端に異なることには閉口しました。カウンターパートの英語が最初全く理解できず、一時はどうなることかと思いましたが、それでも2、3日経つと次第に理解できるようになりました。

最後に、私は海外での環境調査や技術指導は何度も経験がありますが、これまで東京都が実施してきたことをよく知っていれば、途上国の環境対策の指導についてはどのようなことにも対応可能であることを強調したいと思います。



「研究所の窓」(研究所の活動の紹介)

佐野、和波研究員 東京都環境行政交流会において 研究成果を発表

本年1月26日に実施された東京都環境行政交流会において、応用研究部の佐野、和波両研究員が研究発表を行いました。佐野研究員は「逆相波を用いた回折音低減技術の開発」という課題で新しく開発した騒音の低減技術について、和波研究員は「多摩川中流部の水質改善対策」という課題で効果的な水質改善対策を明らかにするため行ってきた現地調査、室内実験について発表しました。

佐々木主任研究員 国立環境研究所の共同研究に参加

分析研究部の佐々木主任研究員は、国立環境研究所との共同研究である「ダイオキシンの分析方法に関する研究」の共同研究者として、平成10年10月12日から約2ヶ月にわたって同研究所に派遣され、大気、水質、土壌などからのダイオキシンの抽出方法等の検討を行ってきました。

所が来年度から予定しているダイオキシンの分析業務に、同氏の習得した分析技術の活用が大きく期待されています。

研究所ニュースに関してのご意見、ご感想を企画普及課広報担当までお寄せ下さい。

泉川主任研究員、全国公害研協議会 会長賞を受賞 古明地主任研究員、全国公害研協議会 関東甲信静支部長表彰を受賞

昨年12月、有害大気汚染物質の測定に関わる研究の進展に大きな貢献をしてきたことに対して、当研究所から泉川主任研究員が全公研協議会会長賞を受賞しました。同研究員は、平成9年度に関東甲信静支部長表彰を受賞しており、引き続いての受賞です。

また、古明地主任研究員が、昨年9月に酸性雨の汚染実態や現象の解明などに取り組み、酸性雨調査研究に多大な貢献を行ってきたことに対して、関東甲信静支部長から表彰されました。

タイ王国「東部臨海開発」 総合評価調査に職員派遣

昨年11月に三好研究員が環境モニタリングの専門家としてタイ王国に派遣され、東部臨海開発によって建設された二つの工業団地の周辺環境を調査し、その評価と助言、指導を行ってきました。

日中女性化学者広州シンポジウム 当研究所職員が参加

昨年10月5日に中国広州市で行われた標記シンポジウムに、当所から佐々木主任研究員が参加し、国際交流を深めてきました。参加したことによって、今後の研究に有用な情報を得られたとのことでした。

発行 東京都環境科学研究所
136-0075 東京都江東区新砂 1-7-5
TEL 03(3699)1331(代) FAX 03(3699)1345
ホームページ <http://www.kankyoken.koto.tokyo.jp/>

印刷 株式会社 新弘堂
平成10年度 登録第13号
1999年3月発行