

騒音は音で消せ！！

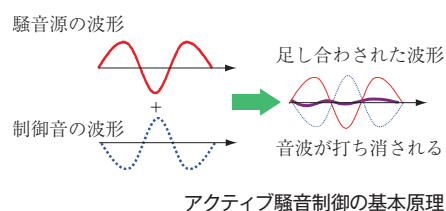
従来のパッシブな方法では防げない 冷却塔などの低周波騒音を消す アクティブ騒音制御システム

回転・振動タイミング自動調整システムを含めたアクティブ低周波騒音低減システムで、工場や発電所などから発生する騒音を消し去り、静かな住環境を提供する。

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング
技術本部 環境技術部 井上 保雄



簡易防音壁と障壁騒音低減システム消音用スピーカ



アクティブ騒音制御

ごみ焼却場の排気用煙突や工場のボイラの煙突、ディーゼル機関の排気煙突などから出る騒音は、近隣住民に影響を及ぼすことがある。

騒音を低減する方法には、遮音、吸音、ダンピング、振動絶縁などの受動的（パッシブ）な技術のほか、能動的な“アクティブ騒音制御”と呼ばれる技術がある。

“アクティブ騒音制御”（ANC：Active Noise Control）とは、逆位相の音を重ね合せて消音する技術である。実用化されている方法としては、スピーカを用いて人工的に消音用の音を放射し、騒音と干渉させてそれを

低減または消去する技術がある。この技術は、トランジスタや信号処理の技術などが急速に進歩したことに伴い、音響分野では、オーディオ用ヘッドホンの音質向上などに、以前から用いられてきた。

ANCの利点は、吸音材を使用する従来の消音技術と比べて、低周波音に対する大きい消音効果、煙突などの管における少ない圧力損失、あるいは装置のコンパクト性などであり、工場設備の騒音対策に、試験適用例が報告されている。

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング（INC）では、1980年代からANCの研究開発をはじめ、管路内の消音はもとより、実用化にはもっと長い

時間が掛かると思われていた三次元空間の騒音に対する ANC についても、他社に先駆け実用化し、実績を重ねてきている。

ANC の技術的特徴と難しさは、以下に示すように整理できるが、実現が容易で、かつ世の中の要望が強いものから順次実用化されている状況である。

(1) 音の種類

発電機、トランスなど位置が固定されている装置などから発生する周期音の消音には効果が大きく、自動車のような移動音、大砲のような一過性の衝撃的な音の消音には効果が小さい。

(2) 音の周波数

波長の長い低周波音の消音が得意である。ただし、実用上は消音用スピーカの発生パワーの制限を受ける。また高周波音の消音ができるのは小空間に限られる。つまり、消音可能な騒音の周波数は、消音したい空間の大きさに影響される。

(3) 消音空間

音波がほとんど一方向に伝わる管路内、あるいは耳の穴のような狭い空間での消音はやさしい。それに対して三次元的な広がりをもつ空間では、消音は対象領域が広いほど難しくなり、消音できる領域は限定される。

実システムにおいては、音が伝わる媒体（流体）の種類、流速、温度・湿度、圧力、音響出力、音圧レベル変動、装置の規模などの検討が必要になる。

ANC の最もシンプルなシステムは、1 音源 / 1 マイク / 1 スピーカであるが、それら構成要素の数が多くなると、それに応じて制御が複雑になる。

ANC の管内空間への応用事例

はじめに、^{しゅんせつ}浚渫船のディーゼル機関の排気煙突から発生する騒音を低減した事例を紹介する。

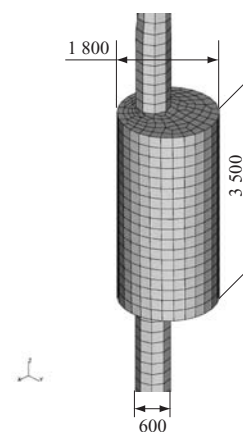
浚渫船は河口付近を行き来し、川底の土砂を吸い上げる浚渫機を備えた船である。この船は 24 時間浚渫作業を行うこともあり、ディーゼル機関から発生する騒音（低周波音）が河口近隣に影響（低周波音によって、建具などが揺れ、そのがたつき音で睡眠が妨げられたり、圧迫感、頭痛や吐き気などをもたらす可能性があるといわれている）を及ぼしている。

この問題を解決するには、ディーゼル機関の出力が大きく、排気流が速く、高温であるという厳しい条件のもとで低周波騒音を大幅に低減しなければならなかった。そのため、従来のパッシブ消音器と ANC を併用することにした。特に、50 Hz 付近の卓越周波数成分（音圧が目立って大きい音の周波数）を ANC で効果的に低減している。すなわち、煙突途中に膨張型消音器（吸音材内張り）を挿入、消音器出口側に煙突から分岐管を設け、ANC 消音用スピーカを設置した。また、冷却ファンで分岐管内に空気を送り、スピーカを冷却する方式にした。

項目	単位	仕様
騒音源主機関	出力	kW (PS) 2 350 (3 200)
	機関数	台 2
	回転速度	min ⁻¹ 720 (4 サイクル)
発生音	基本周波数	Hz 6 (8 気筒)
	最大卓越周波数	Hz 48 (8 気筒)
排気管内環境	温度	℃ 390 (最大)
	流速	m/s 28 (最大)
騒音低減目標値	1 ~ 80 Hz の低周波音の音圧レベル	dB 90 以下 *1
	騒音レベル	dB 90 以下 *1

(注) *1: 煙突出口から 5 m の位置

この消音装置の設置の結果、騒音レベルは煙突から水平方向に 5 m 離れた位置で 72 dB、低周波音についても 1 ~ 80 Hz の全周波数領域で音圧レベル 80 dB 以下になり、仕様を満足した。



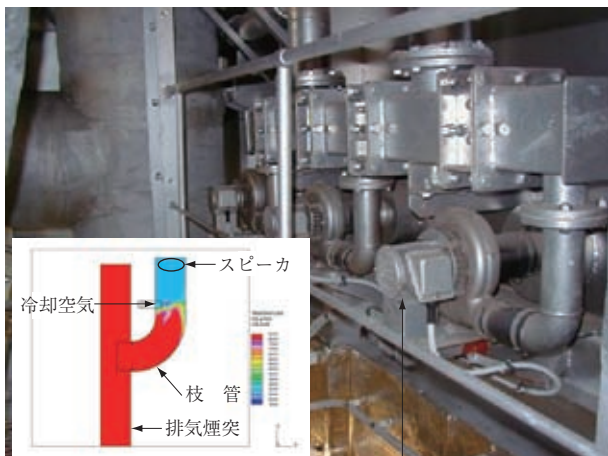
パッシブ消音器の音響解析モデル（単位：mm）



スピーカ

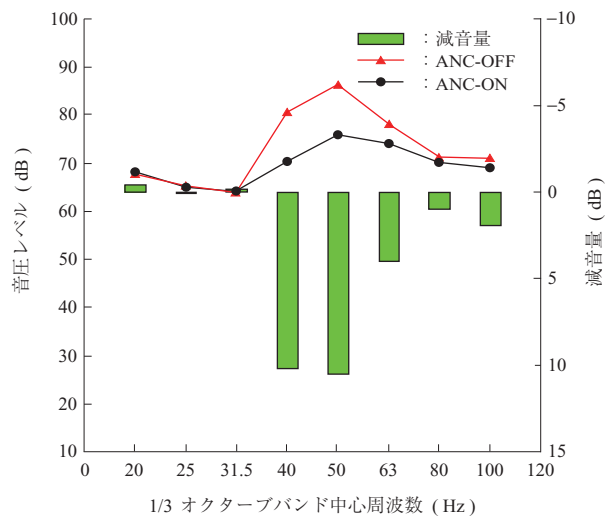
温度センサ

消音用スピーカ（故障対応に配慮、2個設置）



冷却用ファン

スピーカ冷却用ファン（予備機を含め3台設置）



ANCの消音効果

ANCの屋外三次元空間への応用例

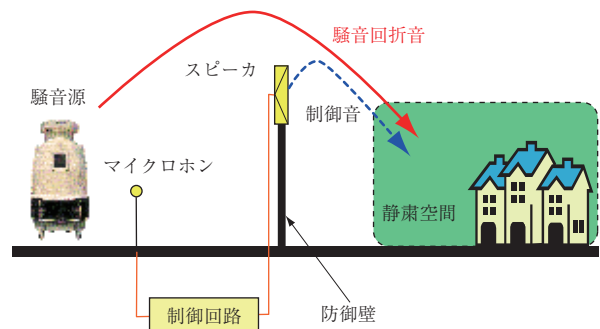
次に、冷却塔などの設備機器、あるいは建設機械などの騒音を低減するために開発した障壁騒音低減システム (SNB: Super Noise Barrier) を紹介する。

SNBはANC技術と防音壁を一体化して屋外騒音を低減するシステムである。

例えば、高さ3m程度のSNBでは、高さ6mの防音壁と同等の効果を得ることができる。システムは騒音源近傍に設置するマイク、制御ユニット(アンプ含む)、消音用スピーカから構成される。

工事現場の大型ディーゼル発電機から放射される耳障りな低周波音の近隣住民への影響を低減するため、工事開始から完了まで数ヶ月間、SNBを採用した。

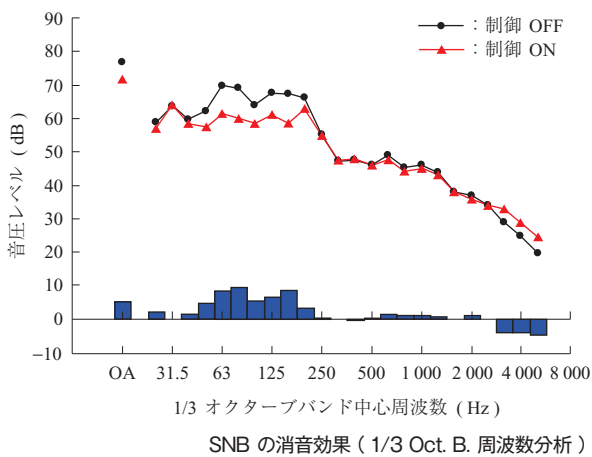
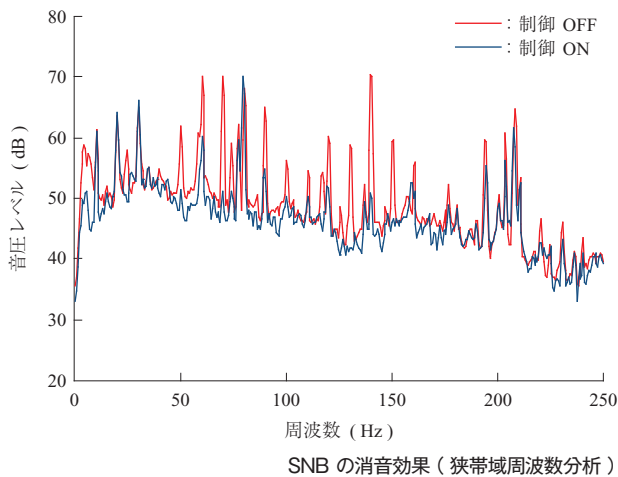
SNBの採用によって、低周波音域の卓越成分が低減され、耳障りな騒音が緩和された。なお、中・高周波音域の音は簡易防音壁で低減されている。



SNBの基本構成



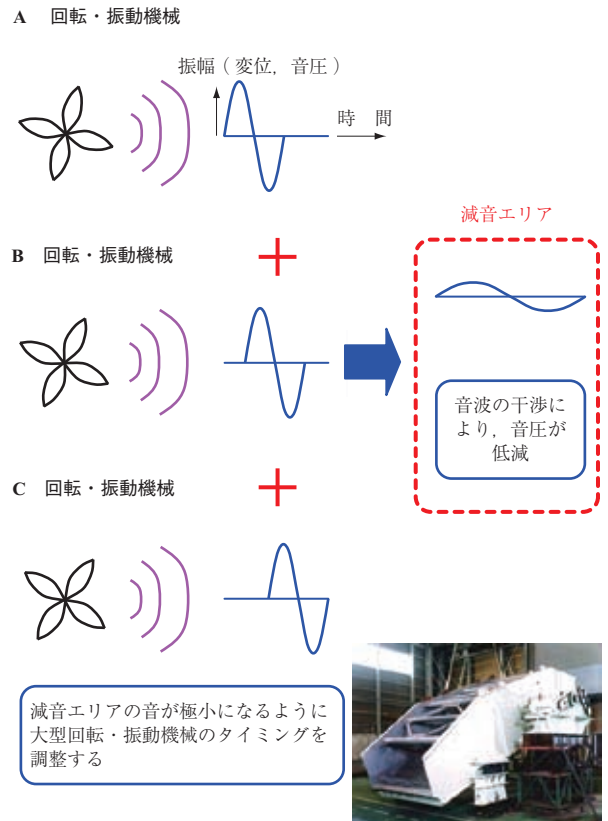
建設現場の代表的騒音発生源(ディーゼル発電機)



回転・振動タイミング調整システム

実用化されている ANC は、消音用の音波をスピーカによって放射するものである。しかしながら、大型冷却塔、大型復水器、大型振動ふるいなどから放射される低周波音は発生する音響パワーが大きく、既存スピーカからそれを打ち消すのに必要な同程度のパワーをもつ音波を発生することは難しい。また、これらの低周波音は近隣住宅などにおいて不快感のほか、襖、人形ケースなどががたつくという苦情の要因になることがあるので対策が必要である。

このような大きなパワーの低周波音への対策として、INC では、複数の類似の大型機械の運転のタイミングを相互に適当量ずらす方法を採用した。これは、それぞれが発生する低周波音を相互に低減させるものである。スピーカを使用しないが、この技術も ANC の一手法である。



大型回転・振動機械のタイミング調整システムの原理

今後の展望と展開

将来は、中・高周波の広い音域の騒音にコストパフォーマンスをもつ従来のパッシブな手法と、装置がコンパクトかつ低周波音域における卓越成分の低減に優位性をもつアクティブな手法との合理的な棲み分けが進み、ANC は、その長所が生かされる低周波音域に対する防音技術として、ニーズがさらに高まるであろう。

INC は、今後も回転・振動タイミング自動調整システムを含めたアクティブ低周波騒音低減システムを各種そろえ、プラント音響分野のリーディングカンパニーとして、お客さまの要望に応えるべく取り組んでいく。

問い合わせ先

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング
技術本部 環境技術部
電話 (03) 3360-3227
URL : www.ihico.jp/inc/