

## 建設重機の排気音をアクティブ・ノイズ・コントロール手法 で低減するシステムを開発

I H I（航空宇宙事業本部）の関係会社である株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング（本社：東京都新宿区百人町1-15-18、代表取締役社長：大桃 光晴）と、佐藤工業株式会社（本社：東京都中央区日本橋本町4-12-19、代表取締役社長：山田 秀之）は共同で、建設工事作業などで使われる重機の排気音を、音で音を消す手法（アクティブ・ノイズ・コントロール=ANC）で効果的に低減するシステムを開発、現場適用試験を行い、騒音低減効果をはじめ、その実用性を確認しました。

### 【技術の特徴】

- (1). 軽量、コンパクトで多機種 of 建設重機に短時間で装着できます。
- (2). 重機のエンジン回転に起因する幅広い低周波数域の音を低減します。

注釈 1. 低周波数域の音は、従来の騒音対策技術では低減が難しいとされています。

注釈 2. エンジン回転に起因する音は広帯域騒音と比べて、大きさが同じでも、より耳障りに感じます。

### 【背景】

建設作業所においては、土本工事や基礎工事、揚重作業などに用いられる大型工事機械（重機）から大きな騒音が発生し、しばしば近隣からのクレームになるため、事前にこれを防止する低減策を講ずる必要性があります。一般的な建設工事騒音においては、様々な音源が存在し、対策手段も様々ですが、比較的高い音（周波数の大きな音）に対しては、吸音材、遮音材、塀による遮蔽など、低減策が複数存在し、対策も容易であるのに対し、重機の排気音のように、低い音に対しては、低減策が少なく、対策が難しいとされてきました。

一方、音で音を消すアクティブ・ノイズ・コントロール手法（ANC 手法）は、様々な分野で「騒音低減手法」として、最近注目を集めていますが、比較的低い周波数帯域に対して有効な手法であり、すでに、空調ダクトの騒音低減や、道路用防音塀など、あるいは、アイ・エヌ・シー・エンジニアリングがすでに実用化している建設工事用防音塀（仮囲い）の遮音量を増強するシステムなど、建築・土木の分野にも、適用例が見られるようになってきました。

そこで、今回、重機の排気音を対象に、低減量が大きく、低減周波数範囲も広く、よりコンパクトで装着性が良い、ANC システムの開発をめざし、共同で、研究・開発を行ってきました。

### 【システムの概要】

#### 1). 機器構成

- 本システムは、ダクトと、制御用スピーカ（2台）、エラーマイク、冷却ファン、制御用コントローラ、及び支持脚部からなります（図1～4参照）。
- 排気管にダクトをかぶせる方式を採用することで、ANC の正確性を確保すると同時に冷却ファンを装備して空冷することにより、エンジン排気熱によるダクト内温度の上昇を

抑止する構造にしています。

- スピーカを 2 台接続してパワーを確保することで、0.8 m<sup>3</sup>クラスのバックホウを対象にした試作機で、十分な騒音低減能力があることを確認しました。

## 2). 低減の原理

- ANC の方式は、filtered-X LMS アルゴリズムを用いたフィードバック制御方式を採用しました。
- ダクト先端部に設置したエラーマイク位置での誤差信号を最小化するように、適応フィルターをフィードバック制御で更新し (LMS アルゴリズムによる)、騒音の低減を実現します。
- 2 台のスピーカを、同一信号で駆動するため、あらかじめ両スピーカの位相特性の整合性などを確認しています。

## 3). 現場適用試験

- 佐藤工業(株)施工の工事現場において、試験を行いました。
- 重機の周辺に配置した騒音計で、本システムによる騒音低減効果を測定すると同時に、ダクト内の温度計測などを行い、冷却ファンの効果に関する確認を行いました。
- バックホウの基本動作 (走行、旋回など) において、装着の確実性を確認しました。
- 図 5 に本システムの外観と、現場適用試験の状況を示します。

## 4). 音の低減効果とスピーカ冷却効果

- ANC の対象周波数を、50~250Hz に設定して制御をかけました。
- 図 6 に本システムの制御 ON/OFF による音圧スペクトルと低減量示します。
- エンジン排気音の基本周波数と思われる 103Hz で、17dB、その倍周波数 206Hz で 19dB の低減が確認されています。これは、それぞれの周波数で音のエネルギーを約 98%~99%低減していることとなります。
- 図 7 にエンジン排気口の出口直近と本システムのスピーカ位置における温度の測定結果を示します。設置した冷却ファンにより、スピーカに対する十分な空冷効果があることが確認されました。

以上により、本システムが、エンジン排気音の主要な周波数帯域に対して十分な低減効果を有し、冷却性能、装着性など、システムとしての完成度も高く、実用性のあるものになりました。

## 【今後の展開】

今回開発した ANC システムは、建設工事騒音の様々な音源の中でも、比較的対策が難しいとされてきた低周波数域の音源の一つである重機の排気音を低減する技術として、幅広い需要があるシステムです。都市部の環境重視型の建設作業所や、騒音低減が求められる建設プロジェクトなどへの適用を考えています。今後、両社の共同で実用化開発を推進、より完成度を高め、本年度末までの市場投入をめざしています。

以上

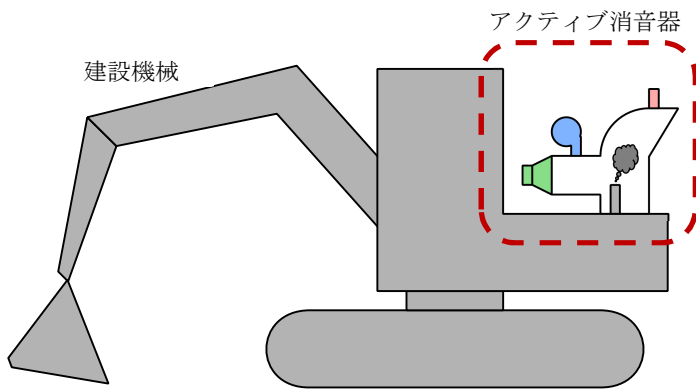


図1 アクティブ消音器設置イメージ

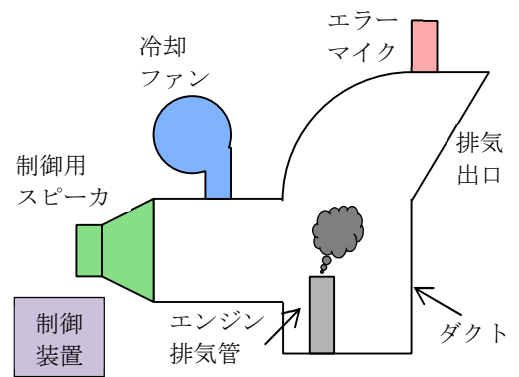


図2 アクティブ消音器の構成

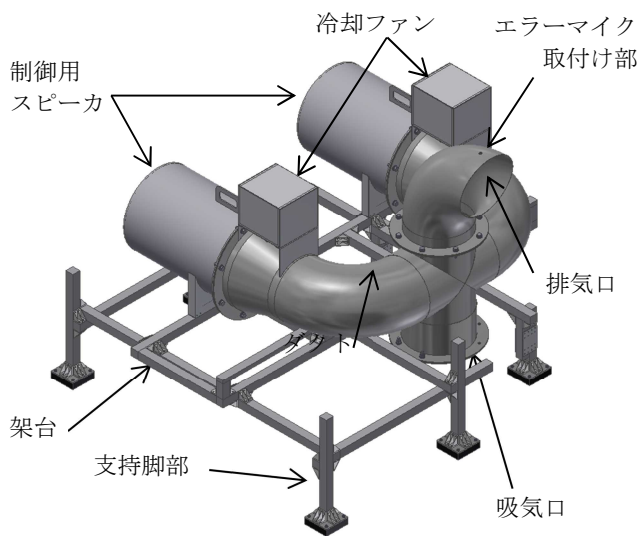


図3 試作機の3Dモデル



図4 試作機全体図



図5 実機バックホウへの装着状況



図5 実機バックホウへの装着、運転状況

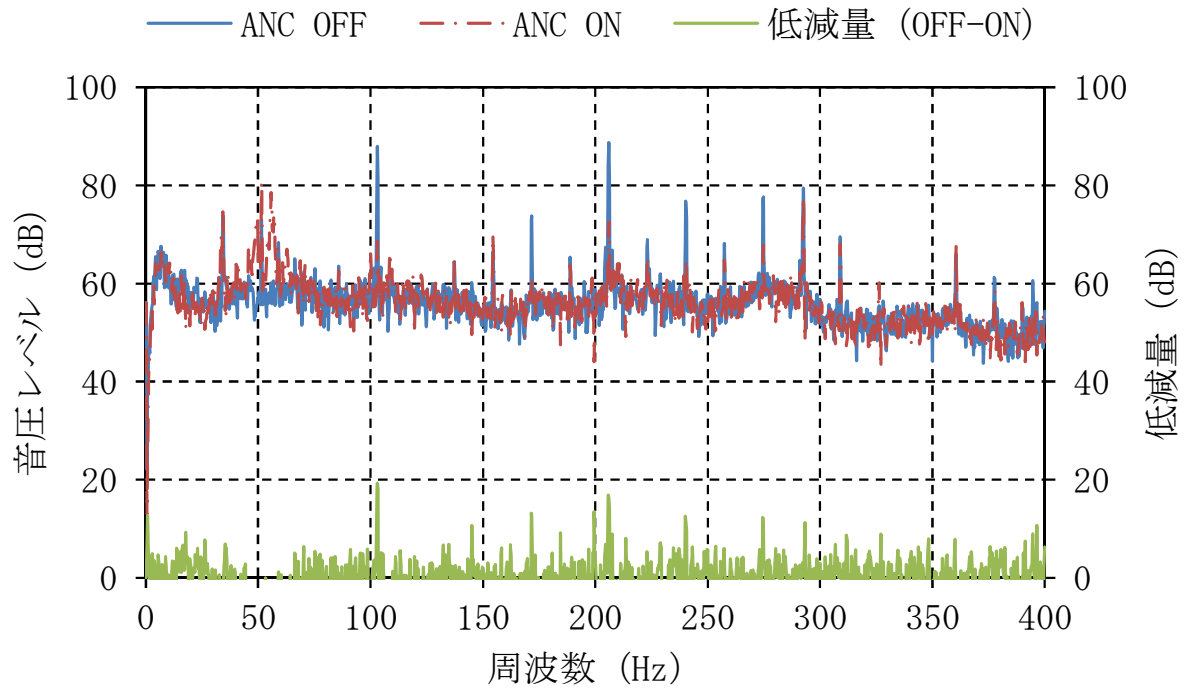


図6 本システムによる低周波数域の騒音低減効果

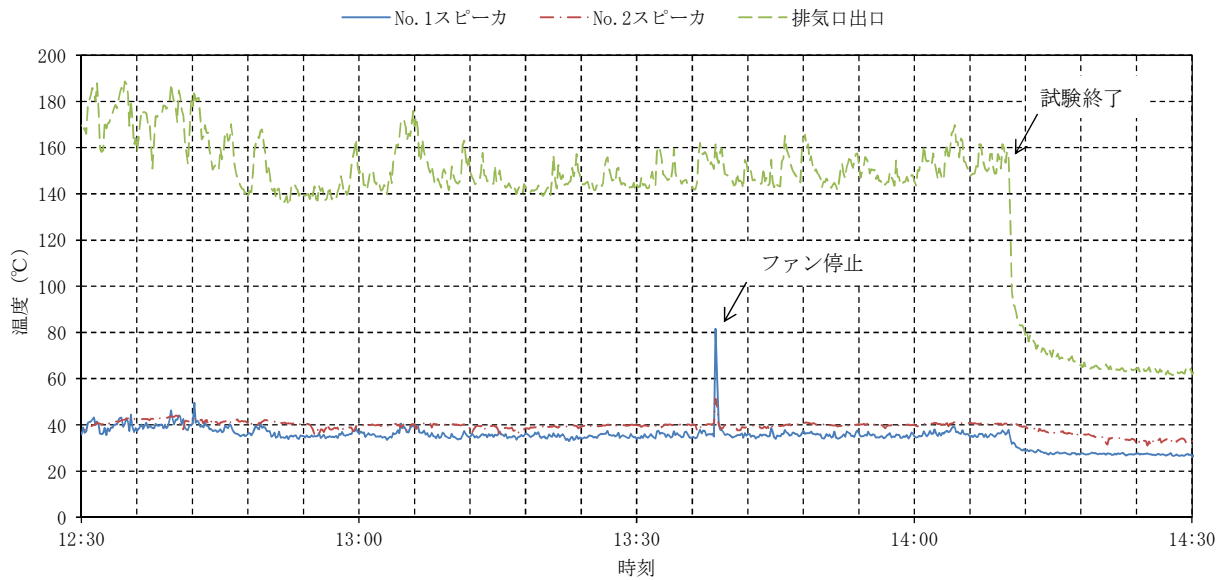


図7 スピーカ前温度、及びバックホウ排気口出口温度

## 【補足説明】

重機の排気音のように比較的低い音に対しては、ANC 手法は有効と考えられ、他社で実用された例があります。

これに対して、アイ・エヌ・シー・エンジニアリングと佐藤工業の両社は、同じ重機排気音を対象としながらも、よりコンパクトで装着性もよく、低減量、低減範囲も大きな ANC システムを実現しました。

### 図6の説明

建設重機はディーゼルエンジンを搭載しています。ディーゼルエンジンは回転数と気筒数により、低周波数域でエンジンの回転に起因する耳障りな卓越性の騒音（ここでは 103Hz と 206Hz に大きな卓越が見られます）を発生します。この卓越性の騒音が ANC（アクティブノイズコントロール）を ON にすることにより低減されています。緑は騒音低減量（ANC OFF - ANC ON）を示しています。

### 図7の説明

ディーゼルエンジン排気口の温度は 140～180℃前後で、冷却ファンでダクト内に風を送ることにより、スピーカの手前で 40℃くらいになっています。なお、冷却ファンを停止すると急速に温度は上昇しています。

～ 本件に関するお問い合わせ ～

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング 技術本部  
井上、宮崎、内野  
TEL 03-3660-3227 FAX 03-3660-3218