特集>>> 建設機械

iNDr 搭載極低騒音 油圧ショベル

上 田 員 弘

独自開発した，ノイズの除去とダストの除去という2つの機能を合わせもつ先進の冷却システムが「iNDr」（以下「本システム」という）（Integrated Noise & Dust Reduction Cooling System の略語）である。

吸気口から排気までを一本のダクトに見立て，その内部に冷却機器やエンジンをレイアウトし，エンジンなどが発する音の外部漏れを最小限に抑え，大幅な低騒音化を実現した。

吸気口の奥にある冷却機器の前に，脱着が簡単な防塵フィルタ（通称：[本システム用フィルタ]）を設置し，埃の侵入をシャットアウト。清掃の手間が大幅に減り，メンテナンス性が向上した。

キーワード：油圧ショベル，冷却システム，吸音ダクト，防塵フィルタ，低騒音

1. はじめに

建設機械の稼働現場における周辺住民，近隣施設に対する環境対応の中で，排ガス規制と共に，騒音低減に対する要求も，近年ますます強まってきており，建設機械メーカーにとって重要な課題となっている。騒音に対する規制としては，国内においては，国土交通（旧建設）省が，1983 年に建設機械に対する低騒音型建設機械の指定制度を設け，低騒音型とさらに 6dB 低い超低騒音型建設機械の指定基準を設定し，1997 年には，測定方法を国際規格（ISO）と合わせる形で，指定基準と共に全面改訂され，低騒音対策を実施した建設機械の普及促進が計られている。その結果，現状，油圧ショベルにおいては，低騒音型指定はほぼ 100％の普及状況となり，超低騒音型が増加の傾向にある。

また，海外においても，2003 年より，EU 圏内での騒音規制が施行され，EU 圏内への流通制限が実施されており，3 年後の 2006 年には更に⊿3 dB の規制強化が実施されている。

更に，2012 年より，中国においても，騒音規制が施行され，3 年後の 2015 年には，⊿3 dB の規制値強化が決定している。このように，環境規制が進む中，油圧ショベルの中でも，都市型建機としての使用を想定した後方超小旋回型油圧ショベルにおいては，その稼働現場は狭く，安全性，周囲への配慮が一層求められており，特に夜間工事，学校，病院等の近隣においては，静かな環境が守れなければ，作業制限もしくは作業できない状況となるため，エンジン回転を落として作業する又は，より小型のショベルを使う等，大幅に作業効率を犠牲にすることとなる。また，このように狭い現場では，ショベルの運転者と周囲の作業者とのコミニュケーションが必要であり，作業中でも周囲とはっきり会話ができるような，静かで安全な機械が必要とされている。

ここでは，そのような厳しい必要環境性能に対応し，超低騒音基準から更に⊿5 dB 低減した本システム搭載極低騒音 油圧ショベルについて，紹介する。

2. 本システムの開発

(1) 本システムとは

本システム（Integrated Noise & Dust Reduction Cooling System）とは，独自開発した，ノイズの除去とダストの除去という 2 つの機能を合わせ持ち，周囲騒音の大幅な低減とラジエータをはじめとする冷却機器のメンテナンス性の大幅改善に貢献した，先進の冷却システムのことである。

この冷却システムの搭載により，従来の油圧ショベルに対して，周囲の音響パワーレベルを⊿5 dB と大幅に低減することが出来た。また，現場によっては，粉塵による冷却機器の目詰まりがしばしば問題となり，最悪の場合，オーバーヒートにつながるが，本システム用フィルターの搭載により，フィルター自体のメンテナンスは必要であるが，冷却機器での目詰まりはほぼ解消した。また，そのメンテナンス性も考慮し，特に工具を必要とせずワンタッチで脱着可能な構造と

している。

(2) 油圧ショベル騒音の特徴[1)]

油圧ショベルの主要な音源としては，エンジン機関音，冷却ファン音，エンジン吸排気音，油圧機器音，油圧固体伝播音が挙げられる。これらの主要音源の寄与度の大きさは，油圧ショベルのクラスや作業状況により異なるが，一例として，**図―1**に中型ショベルの音源寄与度の実例を示す。内側の円グラフは，各音源寄与度のエネルギー比を示し，外側の円グラフは主な音源となるエンジン，冷却ファン等を囲むエンクロージャの開口部から放射される音と，開口部以外から放射される音の寄与度を示す。**図―1**に示すように，ショベルの寄与度は，開口部からの寄与度が6割以上を占め，まずは，開口部からの放射音対策が，必要であることがわかる。

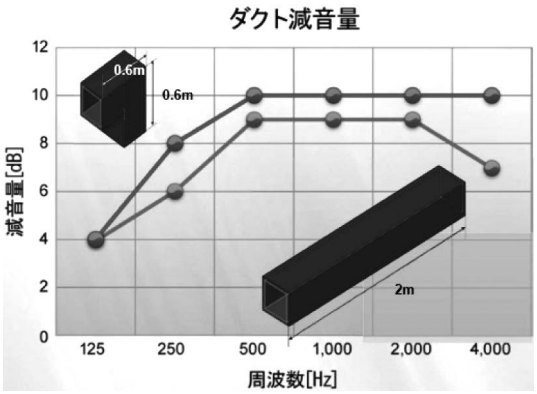
図―1　中型油圧ショベル 音源寄与度

自動車がアクセルペダルを踏み込むことで，エンジンへの燃料を増やして回転数と出力を増大するのに対して，油圧ショベルは，常に高いエンジン回転数を維持し，負荷の大小に応じて，自動的に燃料を調整し必要な出力を得ており，エンジン負荷率は高く，自動車のように走行風が期待できないことから，冷却用ファンについても常に高回転で回す必要があり，ファンとエンジンは，寄与度の大きな音源となっている。

その主な音源のエンジン，ファン，ポンプ等は，内部に吸音材を配置した囲い（エンクロージャ）の中に収められ吸遮音されるが，冷却のための開口面積が必要であり，その開口面積の大きさは，音とヒートバランス成立のための冷却風量確保という，トレードオフの関係にあり，両立させるためには，重要な設計課題である。

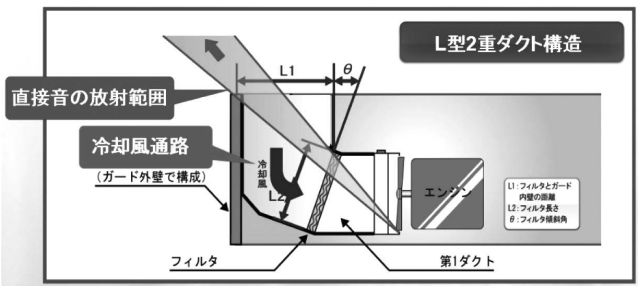
(3) 本システムの構造

騒音の対策は，前述のように油圧ショベルの騒音の寄与度分析結果を元に，最も寄与度の高いエンクロージャ開口部騒音を，大幅に低減する必要があるが，機械の冷却のための風量を確保する必要があるため，開口面積を大幅に縮小するようなことはできず，必要な開口面積を確保したまま，騒音を低減するために，吸気開口とそれを排気するための排気開口を一旦，徹底的に集中させる構成とした。それら集中させた開口には，其々，音を低減させるための吸音ダクトを設置し，騒音対策することを考えた。但し，単純な直ダクトで考えると，騒音の目標達成のためには，約2mの長さのダクトが，吸気側，排気側双方に必要であることがわかった。このままでは，機械として成立しないため，これらのダクトをいかに機体内部に収めるか，検討することとなった。**図―2**に示すように，基本的な事項として，ダクト通路を直角に曲げることでダクトの減音性能は，短くても大幅に減音性能が上ることから，ダクトのコンパクト化を計った。



図―2　直ダクトと曲げダクトの減音性能比較

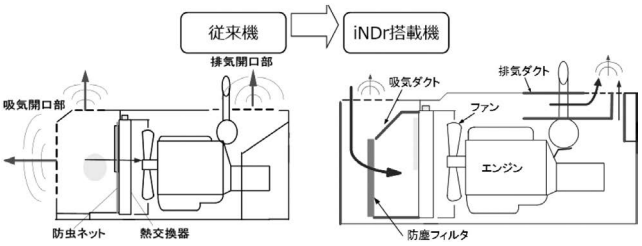
更に，吸気口に関しては，開口から音源面が直視できないようなオフセット構造を採用し，冷却機器のコア面から，2重にダクトを形成し，直接音の低減と，必要な冷却風量の確保のために，**図―3**に示すように，内側のダクト長さと角度を，最新のCFD解析及びベンチ試験を用いて調整を繰り返し，騒音の低減と



図―3　L型2重ダクト構造

必要冷却風量の確保という，トレードオフとなる条件の成立を目指した。

そのようにしてできたＬ型２重ダクト構造の内側の断面に当たる部分に，粉塵対策のための本システムフィルターを配置した。このようにして，非常に狭い，超小旋回油圧ショベルの機体の中に，収めることが可能となった。**図―４**に，従来機と，本システム搭載機のエンクロジャー構造を比較する。

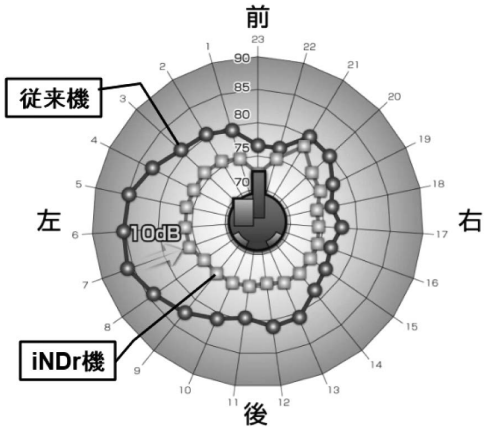


図―４　本システム搭載機 エンクロージャ構造比較

図―４に示すように，吸気開口部には，Ｌ型２重ダクト構造とし，音源からの直接音を大幅に低減。排気側についても，２重ダクト構造こそ採用していないが，曲げダクト構造を流用し，コンパクト化を計っている。

(4) 本システム騒音性能

その性能は，周囲騒音 音響パワーレベルで，一挙に，現行機比⊿5 dB と大幅に低減することができた。当時，従来機が既に，国土交通省の超低騒音型建設機械として指定されていたことから，超低騒音基準から更に⊿5 dB 低減することができた。また，油圧ショベル近傍で作業を行う作業員への安全性への配慮と音源を可能な限り直視しない位置への開口の配置を検討した結果，機械の上方に開口することを決定した。**図―５**に，本システム搭載機の機械周囲近接騒音の従来機との比較を示す。

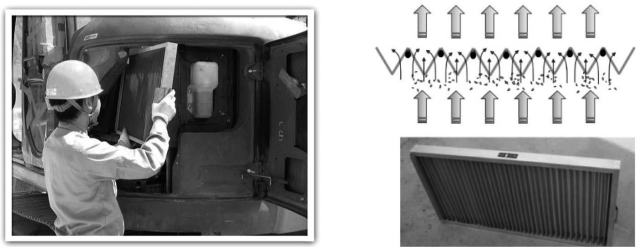


図―５　機械周囲近接騒音比較（機側１ｍ点）

結果として，従来機は，オペレータ運転席のある機械左側方での騒音レベルが大きい傾向が見られたが，本システムの搭載により，大きかった機械左側方での騒音レベルが，現行機比⊿10 dB の大幅低減を達成した。これにより，作業中にエンジン回転を落とすことなく，オペレータと作業者間で，会話が可能となり，円滑にコミニュケーションを取りながら，作業を進めることが可能となった。

(5) 本システムフィルター

本システムフィルターに関しては，Ｌ型２重ダクト構造の第１ダクト入口に設置した。その防塵性能を維持し，目詰まりによるオーバーヒートを回避するためには，定期的に脱着して，清掃が必要である。そこで，特にメンテナンス性を考慮して，脱着に関しては，できるだけ時間を掛けずに出来ることを考え，脱着の際に，特に工具を必要とせず簡単に脱着できる構造とした。また，本システムフィルター面の構造は，**図―６**に示すように，山型の折り込み構造とした。これにより，吸気開口からフィルター前面に到達した粉塵は，折り込みの谷の部分から堆積し，山の部分は，通気口として残っているため，粉塵による早急な目詰まりを回避することを可能としている。

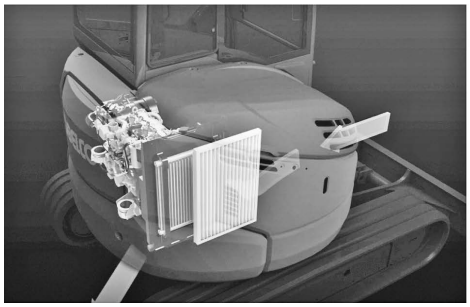


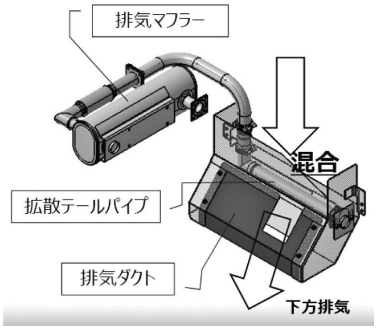
図―６　本システムフィルター脱着方法とフィルター構造

(6) NETIS (New Technology Information System) [2] 登録

NETIS（New Technology Information System）とは，国土交通省の新技術情報システムのことであり，民間企業などにより開発された新技術を公共工事に積極的に活用していくために，新技術に関わる情報の共有及び提供を目的として，2006 年より国土交通省のイントラネット及びインターネットで運用されているデータベースシステムであり，NETIS 登録技術は，公共工事の総合評価入札時に有効な加点ポイントとなるが，これら本システム搭載機は，“本システム搭載極低騒音バックホウ”として，2010 年に新技術として NETIS 登録されている。

その後，2013 年には，本新技術は，現場で活用後，





図―7　本システム＋Ｅイメージ図と内部構造

提出される活用効果調査を元に，有識者により開催される新技術評価会議において，一定以上の効果が認められたものに対して与えられる，事後評価済技術（V登録）として昇格登録され，その活用実績が認められた。V登録されたことで，NETIS登録期間の延長や，工事完了後の工事成績評点の加算幅が増える可能性等のメリットが得られ，今後，更に活用されることが見込まれる。

(7) 本システムの他機種展開

更に，狭い稼働現場の住宅街等で稼働することが多い，総重量5 ton以下のミニショベルに関しては，更に狭所での作業となり，居住されている住居の敷地境界付近での稼働も考えられ，その場合，冷却機器通過後の熱い排風や，エンジン排気マフラーの熱風により，敷地境界の植木が枯れる被害等が，頻発していた。そこで，ミニショベルにも，この本システムの技術を適用し，吸排気開口の位置，大きさをコントロールし，ミニショベルでは，排風を機体下方に排風することで，排風の熱害を回避できる新システムを新型ミニショベルに搭載し，2013年12月より販売を開始した。

また，ミニショベルの場合，エンジンの排気マフラーが，機体の比較的低い位置から排気するため，局所的ではあるが排気温度も高く，冷却機器通過後の排風と共に，周囲の植木及び作業者への熱害があった。そこで，**図―7**に示すように，その高温のマフラー排気（エキゾースト）を，本システムの排気ダクトの中で拡散排気し，冷却機器通過後の排風と排気吸音ダクト内で混ぜることで，排気全体としての温度と音を低減し，機体下方に排気する新機能を“本システム＋Ｅ（プラス イ―）”（Eは，Exhaust（エキゾースト：排気）の意）として，オプション設定した。

3. おわりに

2007年より販売を開始した，本システムiNDr搭載油圧ショベルであるが，従来の都市型建機である後方超小旋回型油圧ショベル23 ton～6 tonクラスの4型式のラインナップに加え，2013年12月より，新たに5 tonクラスのミニショベルにも展開し，販売を開始した。

これにより，夜間工事，学校，病院等の近隣等，特に低騒音が必要となる現場でも，エンジン回転数を落とす必要がなく，通常と変わらない速さで作業ができることや，従来であれば，必ず苦情が出ていたような現場での苦情件数が激減したということを聞いている。

今後も油圧ショベルの低騒音化は，更に進んでいくものと考えるが，今回のエンクロージャー開口部からの放射音の低減により，機体本体音はかなり低減したことから，今後は，それ以外の実作業時の音に対しても低減していくことが必要であると考える。そのために，今後の更なる低騒音化に向けて，新たな改善アイテムの開発が期待される。今後も広く，社会のニーズに適合する油圧ショベルの開発に貢献していきたいと考える。

JCMA

《参考文献》
1）中島　一：油圧ショベルの極低騒音（iNDr）と快音化，建設の施工企画，No.696，P.29，2008/02
2）NETISウェブページ（http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/NewIndex.asp）

［筆者紹介］
上田　員弘（うえだ　かずひろ）
コベルコ建機㈱
グローバルエンジニアリングセンター
ショベル開発部　動力系開発グループ
マネージャー