

# 環境負荷低減を目指した油圧ショベルの開発

岩 満 裕 明・斎 藤 重 昭

CO<sub>2</sub>排出・大気汚染・騒音振動問題など近年建設機械の開発においても環境問題は大変重要な課題となっている。このような環境負荷を低減することを目指し開発した油圧ショベル「アセラジオスベックシリーズ」を紹介する。一般的に燃費が悪化する傾向にある排ガス規制対応を行い、同時に油圧システムのエネルギー効率を高めることで大幅に燃費低減を行なった。また独自の騒音低減技術を用い冷却能力を確保しつつ騒音低減を図り、かつメンテナンスの負担を軽減した。その概要について紹介する。

キーワード：油圧ショベル，CO<sub>2</sub>排出，大気汚染，騒音，振動，環境負荷低減，排ガス規制

## 1. はじめに

リーマンショック以降経済の低迷が続いている先進国とは裏腹に、中国やインドなど新興国においては力強い成長を見せている。これまでは先進国の問題であったCO<sub>2</sub>排出や大気汚染が地球規模で拡大しており、特に年々深刻化する地球温暖化を防止する為、建設機械においても、排ガス規制や燃料消費により発生するCO<sub>2</sub>の削減が重要な課題のひとつである。一方原油価格高騰による経済的負担の観点からも、燃料消費量の削減は重要な課題となっている。

また建設機械から発生する騒音は、時に周囲住民の生活へ深刻な影響を与える場合や工事の継続に影響を及ぼす場合もあり、騒音低減も重要な課題のひとつである。

本稿では、このような環境負荷を低減することを目的に開発された油圧ショベル「Acera Geospec シリーズ 18モデル」の内、代表的な20tクラスSK200-8（図-1）、SK225SR（図-2）を例に概要及び搭載技術を紹介する。



図-1 SK200-8



図-2 SK225SR

表-1 主要緒元

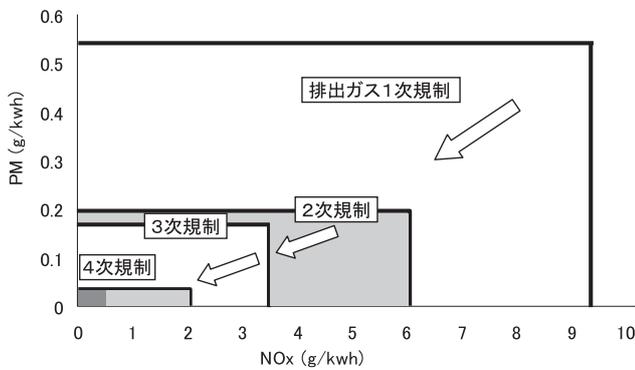
		SK200-8	SK225SR
◆性能◆			
バケット容量	m <sup>3</sup>	0.80/0.59	
旋回速度	min <sup>-1</sup>	12.5	13.3
走行速度	1速 km/h	3.6	
	2速 km/h	6.0	
登坂能力	%	70	
最大掘削力	バケット 新JIS kN	143/157	120/132
	アーム 新JIS kN	102/112	88/96.8
最小旋回半径	mm	3,540	2,340
◆寸法◆			
全長	mm	9,450	8,690
全幅	mm	2,800	3,000
全高	mm	3,030	3,110
最低地上高	mm	450	445
◆質量◆			
運転質量	kg	19,700	22,300
◆エンジン◆			
名称	日野 J05E-TA		
◆油圧装置◆			
油圧ポンプ形式	可変アキシャルピストン式+ギヤ式		
設定圧	MPa	34.3	
旋回モータ形式	アキシャルピストン式		
走行モータ形式	アキシャルピストン式		
◆容量◆			
油圧作動油（全量/タンク内油量）	L	230/146	230/114
燃料	L	370	300

## 2. 排出ガス有害物質低減への取組み

日欧米が連動する形で1996年から建設機械の排出ガス規制が導入され、2006年から第3次段階となる

Tier3 規制が開始された。排出ガス基準値の推移を図一3に示す。

この排出ガス規制に対応する為 SK200-8・SK225SRでは最新のエンジン J05E-TAを採用した。主要諸元を表一2に示す。



図一3 建設機械の排出ガス基準値の推移 (130kW ~)

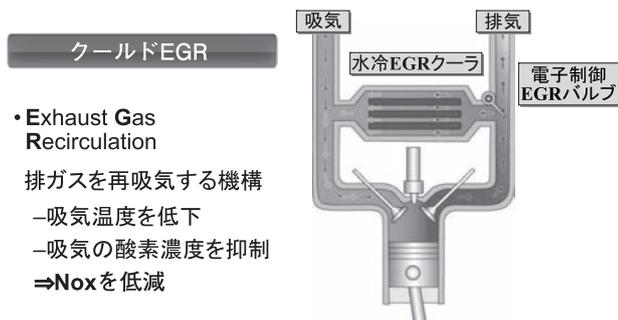
表一2 エンジン主要諸元

メーカー	H社
型式	J05E-TA
排気量 (L)	5.123
ボア×ストローク (mm)	112 × 130
出力 (kW/rpm)	118/2,000
最大トルク (Nm/rpm)	592/1,600
低速トルク (Nm/rpm)	515/1,000
定格燃費率 (g/kWh)	205
エンジン重量 (kg)	513
サイズ長×幅×高 (mm)	875 × 745 × 1,001

コモンレール式燃料噴射による燃料の超高压噴射で空気と混合しやすくすることで完全燃焼させ、また多段噴射を用いて少量ずつ燃焼させることでPMの発生を抑制している。一方クールドEGR (図一4)を用いて排気ガスを再循環させることでNoxの抑制を行なっている。

さらに2011年～2014年には、排出ガス3次規制よ

排ガス有害物質低減技術開発



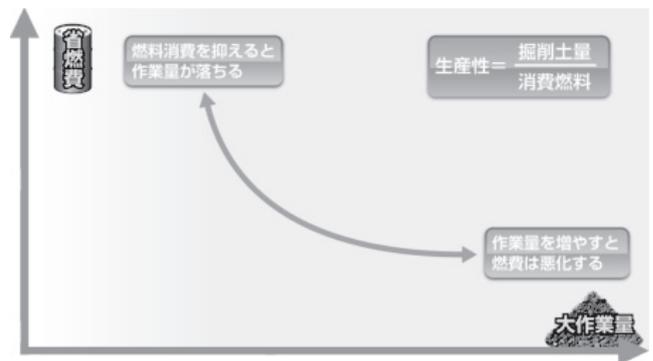
- Exhaust Gas Recirculation
- 排ガスを再吸気する機構
- 吸気温度を低下
- 吸気の酸素濃度を抑制
- ⇒Noxを低減

図一4 クールドEGR

り格段に厳しい排出ガス4次規制が導入される計画であり、現在この対応に全力で取り組んでいる。

3. CO<sub>2</sub>削減への取組み

油圧ショベルの生産性とは図一5に示すように、「作業量=時間当たり掘削する土量 (m<sup>3</sup>/h)」と「燃費=その時に消費する燃料 (L/h)」で表される。すなわち1Lの燃料でどれだけの土量を掘削できるかを意味している。



図一5 油圧ショベルの生産性

一般的に同じエネルギー効率の機械では、省燃費性を高めよう(燃費を抑えよう)とすると土量が少なくなり、単位時間あたりの土量を大きくしようとするとう燃費が悪化する、というトレードオフの関係がある。

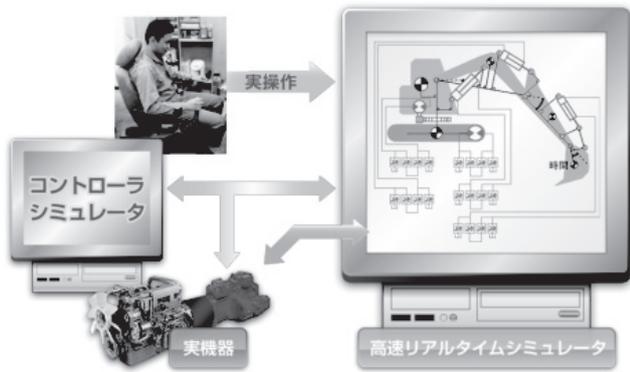
従って高い生産性を得る為には、その機械のエネルギー効率を高め、かつ無駄なエネルギーを消費させないようにする必要がある。その為徹底した油圧システムのロス(圧力損失)の低減を行なうことでエネルギー効率の改善を図った。油圧システムにおける動力損失の主要部位の一つとして、バルブ内の圧力損失が挙げられる。内部通路を全て拡大すると、バルブ全体が大きくなりすぎて油圧ショベル本体へ搭載することが困難になる。そこで省エネルギー寄与度解析結果から、最も効果的な通路に着目し、通路拡大を図った。

また油圧ポンプを含むトータルシステムでの負荷制御をシミュレーションすることが可能なHILS (Hardware In the Loop Simulation)を活用し、実際の油圧ショベルの稼動状況で最適にマッチングさせる制御システムを構築した(図一6)。

本システムはアニメーション表示ができ、実際にアタッチメントの動きに合わせて操作レバーを操作することが可能である。本評価技術によって、油圧ショベル搭載時のエンジン燃費を油圧ポンプを含めたトータルシステムとしてベンチ上で高精度に評価し最適な燃

費性能を実現することができた。

その結果 SK200-8 では、省エネモード (S モード)



図一6 HILS (Hardware In the Loop Simulation)

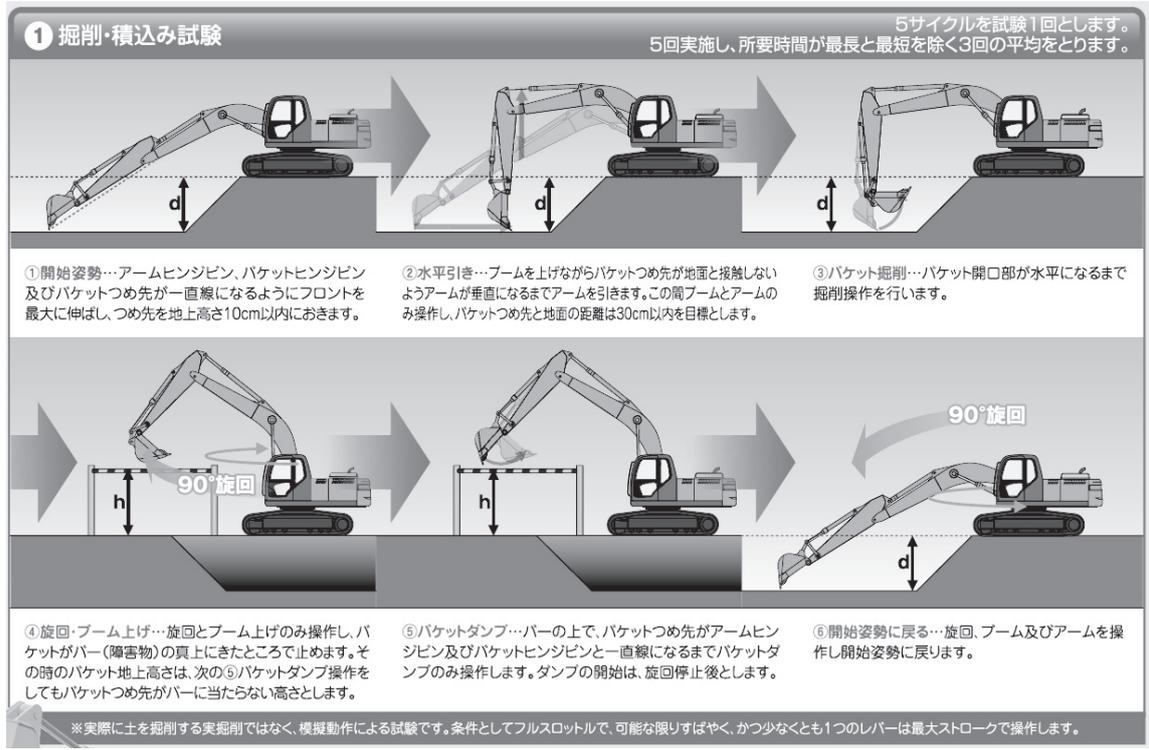
で従来機と作業量同等で燃費 20% 削減、重掘削モード (H モード) では燃費同等で作業量 8% 向上を確認した。これは年間 1,000 時間使用した場合、燃料を 4.4 kL, CO<sub>2</sub> を 12 t 削減できることになる。

油圧ショベルの燃費測定はこれまで統一された計測・試験方法がなく、メーカーが独自の試験方法で行なっていたが、07 年に日本建設機械化協会 (JCMA) が自動車の 10・15 モードと同様の燃料消費量試験規格 (JCMAS H 020) を制定した。ユーザーの客観的評価に役立つものとして、いち早くこの評価方法を採用し結果をカタログへ表示している (図一7)。

加えて Acera Geospec シリーズ全てにオートアイドルストップ (AIS) 機能を装備した。これは、作業をしていない状態がある一定時間経過すると、自動的

$$F_{HEX} = F_1 \cdot M_s \cdot a + F_2 \cdot C_s + F_3 \cdot S_s + F_4 \cdot L_l$$

$F_{HEX}$ : 油圧ショベル燃料消費量評価額 (g/標準動作)  
 $F_1$ : 掘削・積込み試験時のサイクル当たり燃料消費量 (g/サイクル)  
 $F_2$ : ならし動作試験時のサイクル当たり燃料消費量 (g/サイクル)  
 $F_3$ : 走行試験時の走行距離当たり燃料消費量 (g/m)  
 $F_4$ : アイドリング試験時の時間当たり燃料消費量 (g/h)  
 $M_s$ : 模擬動作の評価サイクル (サイクル)  
 $C_s$ : ならし動作の評価サイクル (サイクル)  
 $S_s$ : 走行の評価走行距離 (m)  
 $L_l$ : アイドリングの評価時間 0.15 (h)  
 $a$ : 作業効率改善係数 (通常 1 とし、バケット形状などの改善により、作業量が改善することが証明された場合に用います)



**●燃料消費量※**

Sモード時	kg/標準作業	11.2kg
Hモード時	kg/標準作業	12.8kg

※本欄に示す燃料消費量は、JCMAS「(社)日本建設機械化協会規格」(H 020:2007)及び「建設機械燃料消費量評定要領」に基づく標準的な条件を用いて模擬動作により測定した値で、燃費消費効率を表す指標です。当社が自主的に測定した数値です。なお、実際の作業における燃料消費量はお客様の使用環境や運転方法(土地条件、作業方法、アタッチメント種類、気象、整備など)が異なりますので、それに依りて異なった値となります。

図一7 JCMA 燃料消費量の評価方法

にエンジンをオペレータに警報で知らせ、その後エンジンを自動的に停止させる機能である（図-8）。

作業現場によってはこの機能で21%の燃費低減を図れたとの報告もあり、省エネ運転のサポートに効果を上げている。

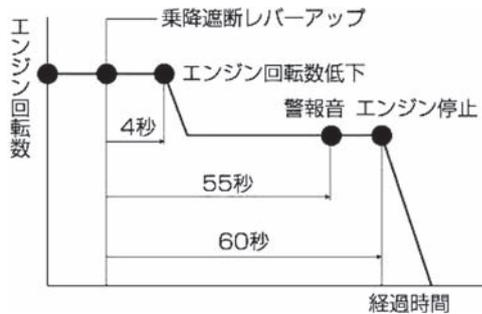


図-8 オートアイドルストップ (AIS)

#### 4. 騒音低減

次にもうひとつの環境負荷である建設機械から出る騒音の低減技術について紹介する。

Acera Geospec シリーズでは大幅な騒音低減を行ないながら、かつラジエータなどの冷却機をほこりで劣化することから守る INDR (Integrated Noise and Dust Reduction System) (図-9) を開発し、都市部でより人に近いところで動く後方小旋回機に装着した。

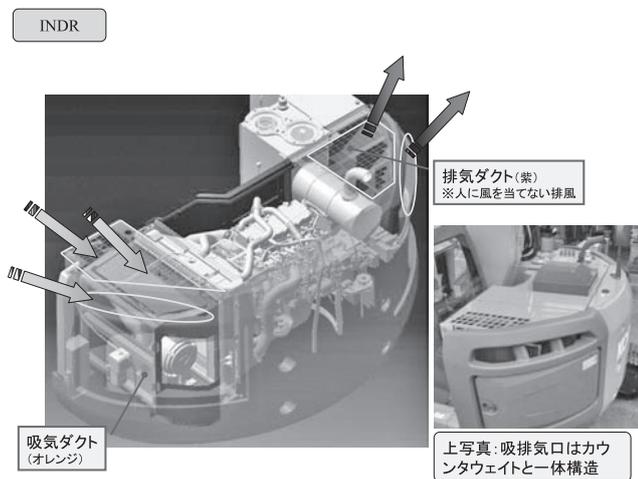


図-9 INDR (Integrated Noise and Dust Reduction System) の構造

INDR の原理・構造を簡単に説明する（図-10）。

騒音の最大の源はエンジン、特に冷却ファンの音である。騒音を低減する為にはできるだけ音の漏れる隙間をふさぐ必要があるが、隙間をふさぎすぎると十分な冷却効果が得られなくなる。

まず、冷却に必要な空気の入り口と出口だけを設け、空気の流れを整流化させる。さらに、空気の出入り口

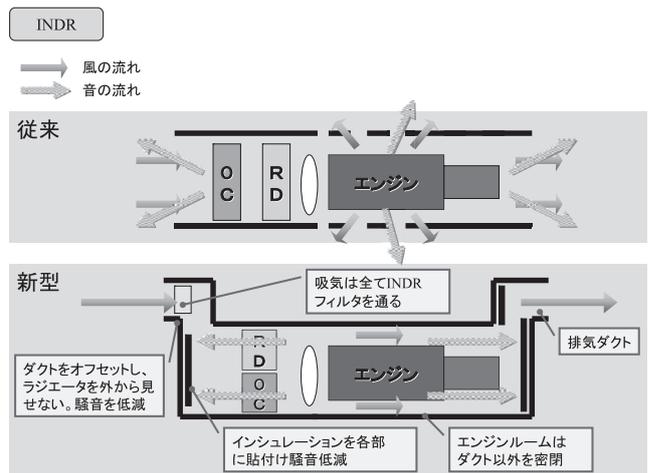


図-10 INDR の原理

をエンジンからオフセットさせることでエンジン・冷却ファンから出る騒音をできるだけ外に出さないようにする。

この INDR を装着した SK225SR は国土交通省が定める超低騒音レベルを 5 dB も下回る 93 dB という静かさを実現できた（図-11）。

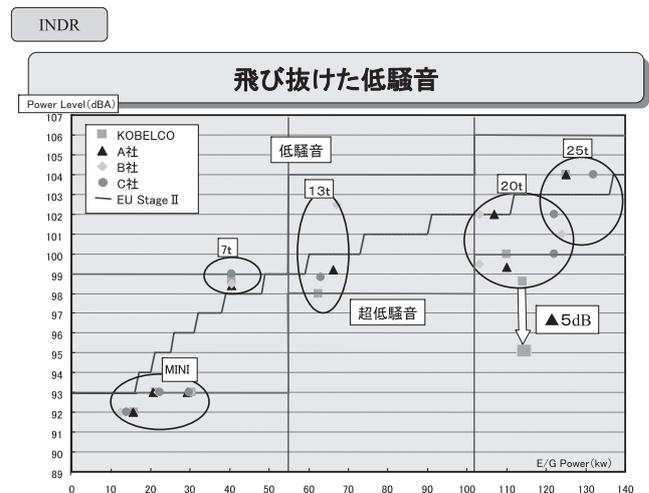


図-11 INDR の静粛性

また工事関係者とオペレータが作業中に会話するのに重要な運転席側については、約 10 dB の騒音低減を実現した（図-12）。

さらに冷却風の入り口“吸気口”部分にフィルタを設置することでほこりをとり冷却器の目詰まりを防止させている（図-13）。この INDR フィルタは金属リサイクル・建設解体・資源リサイクル分野向け防塵仕様での実績・ノウハウを展開したものであり、構造は 60 メッシュ波型、アルミ製フレームで軽量であり、取り外し時に工具なしで簡単に脱着できる。

騒音問題は人と機械が近くなる都市部で多く発生す

る。油圧ショベルの中で、特に都市部で使われることが多い7tから23tまでの後方小旋回型（SRタイプ）全てに、このINDR技術を採用し、大幅な騒音低減

を図っている。

### 5. おわりに

Acera Geospecは販売開始以来、その低燃費や低騒音性能で世界中のお客様から熱い評価を頂くことができた。

「環境負荷を低減し地球にやさしい、ユーザーに喜ばれる油圧ショベルをつくろう！」と企画し開発に着手して4年。さまざまな壁におちあたりながらも目標とした製品を世の中に出すことができた。エンジンを提供頂いた日野自動車(株)殿を始め、このプロジェクトに協力頂いた全ての方にこの場を借りて感謝を表したい。

今後も環境負荷低減に貢献でき、ユーザーの皆様にも喜んで頂ける製品づくりを目指し努力していく所存である。

J|C|M|A

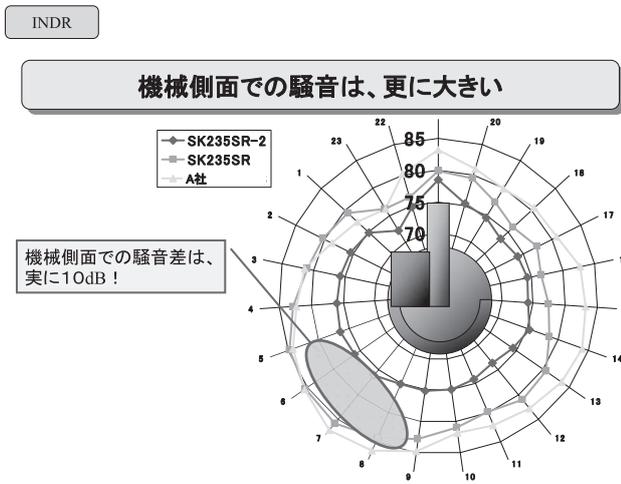


図-12 運転席側の静粛性

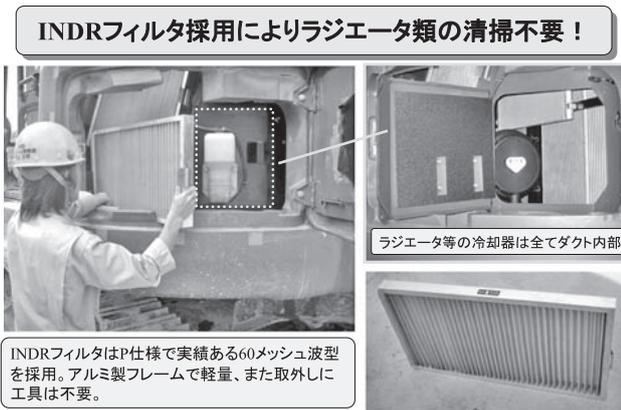


図-13 INDR フィルタ

[筆者紹介]

岩満 裕明 (いわみつ ひろあき)  
コベルコ建機(株)  
開発生産本部  
ショベル開発部  
部長



斎藤 重昭 (さいとう しげあき)  
コベルコ建機(株)  
開発生産本部  
ショベル開発部  
中大型ショベル開発グループ  
グループ長

