

建設機械用エンジンの排出ガス・騒音低減への取組み

山田 太郎

近年、環境問題への関心が国内外を問わず高まってきており、建設機械用エンジンについても、排出ガス及び騒音の低減など環境対応が求められている。エンジンメーカーは、エンジン本来の命題である高効率化と同時に排出ガス低減対策や低騒音化を図るべく、各種対策を施してきている。本報文では、建設機械用ディーゼルエンジンの排出ガス及び騒音低減への取組みについて概要を紹介する。

キーワード：建設機械，ディーゼルエンジン，排出ガス規制，騒音規制

1. はじめに

ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに比べ熱効率が高く経済性に優れることから建設機械はもちろん、トラックや産業機械、船舶、発電用途など幅広く用いられている。まさに社会インフラストラクチャーを支えている大事な存在である（図-1）。

近年 CO₂ による地球温暖化、窒素酸化物（NO_x）による酸性雨、光化学オキシダントなどの環境問題が社会的な問題になってきており建設機械についても高効率化、排出ガス抑制が強く求められている。

国内では建設機械用エンジンの排出ガス低減を促す排出ガス対策型エンジンの認定制度、特殊自動車用エンジンの排出ガス規制がある。また、平成 17 年 5 月

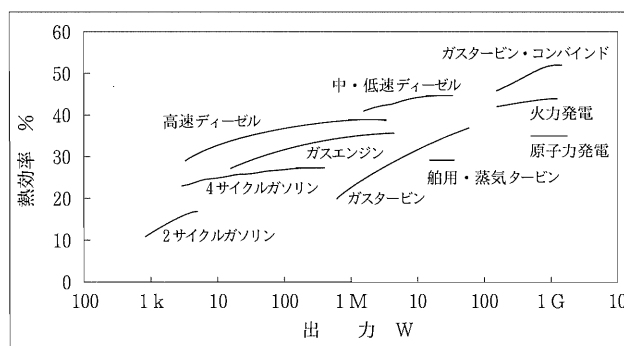


図-1 各種機関の熱効率

オフロード新法が成立し、平成 18 年 10 月からの施行に向けて技術基準などの整備が進められている。

一方、騒音についても建設現場近隣住民への配慮から、国内においては、国土交通省が建設機械に対する低騒音型建設機械型式指定制度を設け、低騒音化を推進している。

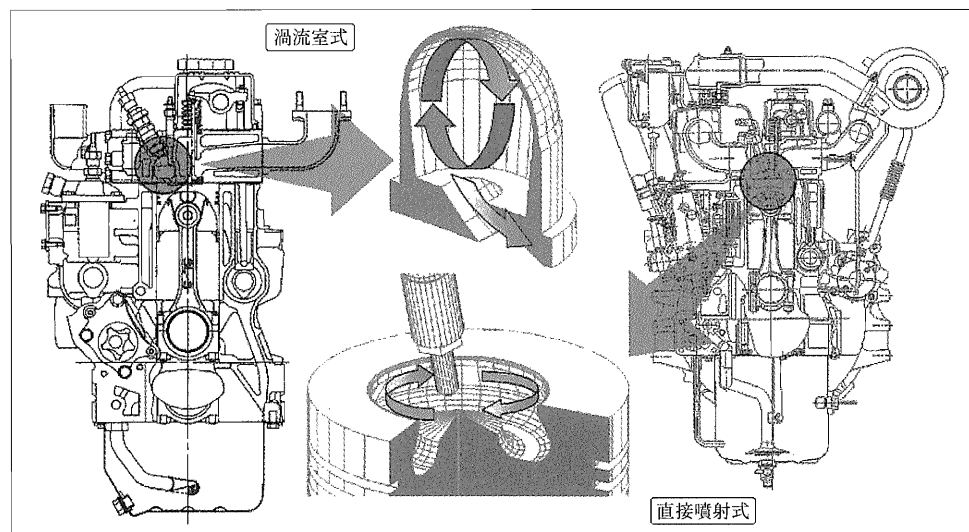


図-2 燃焼室方式

2. 建設機械用ディーゼルエンジンの特徴

(1) 燃焼方式

建設機械用ディーゼルエンジンの燃焼方式にはシリンダヘッド内に燃焼室を有する渦流室式と、ピストン頂面に燃焼室を有する直接噴射式がある（図-2）。

一般的に建設機械では、熱効率に優れる直接噴射式が好まれるが、小型の建設機械で

表—1 燃焼方式と出力帯

出力	渦流室式	直接噴射式
75 kW 未満	○	○
75 kW 以上	—	○

は渦流室式も使用されている（表—1）。

（2）自動車用ディーゼルエンジンとの違い（表—2）

建設機械に用いられているディーゼルエンジンは、建設機械など産業用を主用途として開発されたものと、トラックやバスなどの自動車用として開発したエンジンをベースにしたものがある。

建設機械は、自動車と比べてエンジンの高負荷域を使用する割合が多く、粉塵、振動などの使用環境も厳しい。建設機械に用いられているエンジンは、搭載される機械に合わせ出力特性を設定し、各機械に合わせたアプリケーション仕様を設定している。

表—2 自動車用エンジンとの相違点

出力特性	高負荷率での耐久性 より粘りのあるトルク特性
ガバナ特性	速度変動率が低い
始動性	油圧負荷などを直結した状態での始動性
冷却性	走行風が少ない状態で冷却性を確保
使用環境	粉塵、振動などでの使用考慮
アプリケーション	各種機械に対応した多様なアプリケーション仕様

3. 排出ガス低減への取組み

（1）排出ガス規制動向

排出ガス規制は、国内外で規制値、適用方法が異なるが、年々厳しくなってきた点については同じである。ここでは、国内の建設機械用エンジンの排出ガス規制について紹介する。

国内の建設機械用エンジンについては、平成3年10月から「建設機械に関する技術指針」（旧建設省）による排出ガス対策型エンジンの認定が行われ、排出ガス対策型建設機械及びトンネル工専用排出ガス対策型建設機械の指定にあたり、認定されたエンジンの搭載が義務付けられた。

平成15年10月からは、対象出力帯や基準値が見直され、現在に至っている（表—3）。

公道を走行する特殊自動車においては、平成15年10月から排出ガス規制が導入されている。平成18年度より規制値、技術基準が変更になる予定である。

また平成18年にはオフロード新法が施行される。これは、建設機械、産業車両、農業機械など公道を走

表—3 排出ガス対策型エンジン認定基準値

出力区分	対象物質				
	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	PM (g/kWh)	黒煙 (%)
8～19 kW 未満	1.5	9.0	5.0	0.8	40
19～37 kW 未満	1.5	8.0	5.0	0.8	40
37～75 kW 未満	1.3	7.0	5.0	0.4	40
75～130 kW 未満	1.0	6.0	5.0	0.3	40
130～560 kW 以下	1.0	6.0	3.5	0.2	40

行しない自動車を対象とした排出ガス規制である。

この排出ガス基準値は、海外の基準値と同レベルの厳しい基準値になる予定である。

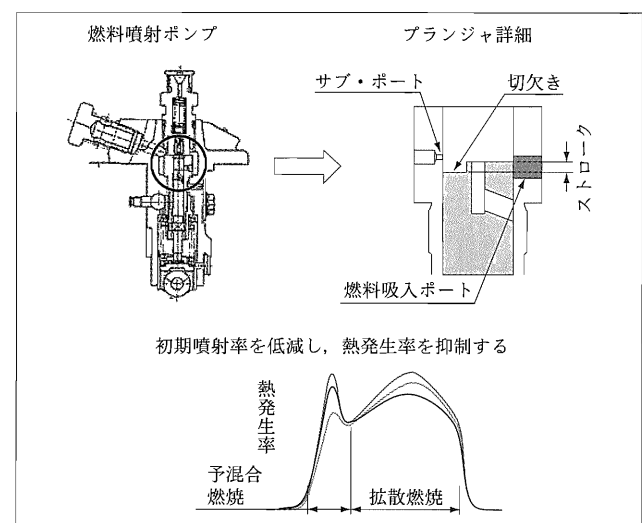
（2）排出ガス低減対策

建設機械用ディーゼルエンジンにおいては、搭載される建設機械に求められる性能を維持、向上しながら排出ガス低減対策が実施されてきている。ディーゼルエンジンの場合、出力レンジにより適用される燃焼方式、燃料噴射系が異なることもあり実施している排出ガス低減対策も様々である。ここでは燃焼室方式で分けて述べる。

（a）渦流室式

渦流室式は、直噴式に比べ燃焼が緩やかなことから現在までの排出ガス規制に対しては、燃焼室形状や燃料噴射タイミングの最適化などを適用してきている。

また噴射ポンプのプランジャなど内部部品を工夫することで回転数や負荷に応じ燃料噴射タイミングや噴射率の最適化を図っている（図—3）。



図—3 噴射ポンプの例

（b）直接噴射式（図—4、図—5）

現在までに、適用されてきた排出ガス低減対策としては、燃料噴射タイミングの最適化、燃料の高圧噴射

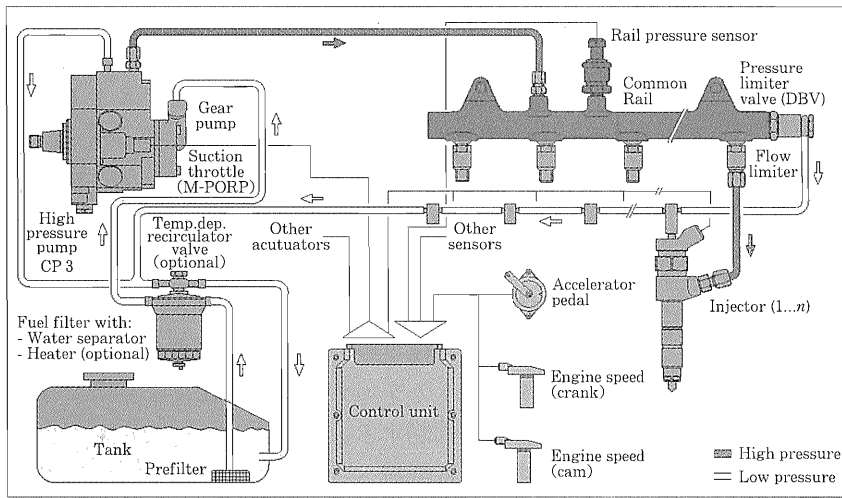


図-4 コモンレールシステム例 (Bosch 資料)

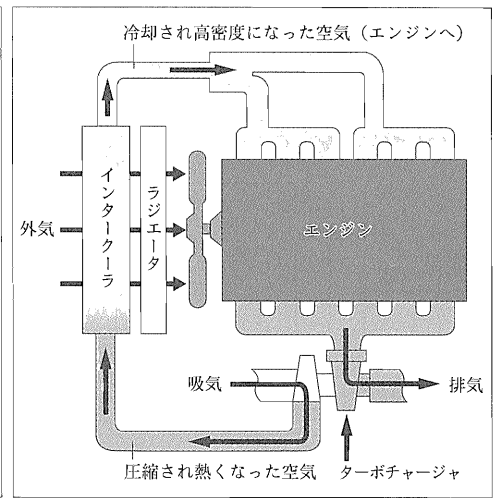


図-5 給気冷却の適用例

化、高過給化、給気冷却などが挙げられる。

今後は、コモンレールシステムなどの電子制御高圧燃料噴射システム採用が増えていくと考えられる。

の技術の適用が必須になると考えられる。

また排出ガス計測モードもトランジェントモードになる。

(3) 将来の規制動向と技術 (図-6, 図-7)

米国の EPA (Environmental Protection Agency (アメリカ環境保護庁)) では、出力 19 kW 以上のエンジンについて 2011 年以降、逐次排出ガス 4 次規制の導入を決めている。この基準値は概ね 3 次規制値の 1/10 のレベルである。このレベルの規制値になると、エンジン単体だけでなく後処理やハイブリッド化など

4. 騒音低減への取組み

(1) 騒音規制について

建設機械に関しては、国内では国土交通省 (旧建設省) が低騒音型建設機械の型式指定制度を設け、機種毎、出力毎に騒音の基準値を定めている。指定基準は 1997 年 (平成 9 年) に改定されて現在に至っている。

また欧州では騒音指令 2000/14/EC による第 1 次規制が 2000 年に導入され、2006 年 1 月からはより厳しい基準値になる。

排出ガス規制はエンジン単体に係る規制であるのに対し、騒音規制は建設機械に係る規制である (図-8)。

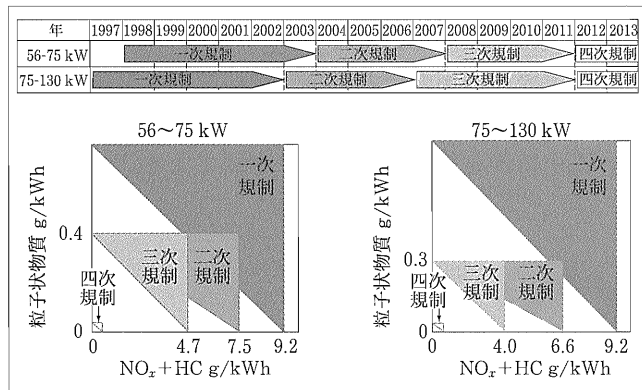


図-6 米国ノロード排出ガス規制値 (56~130 kW 未満)

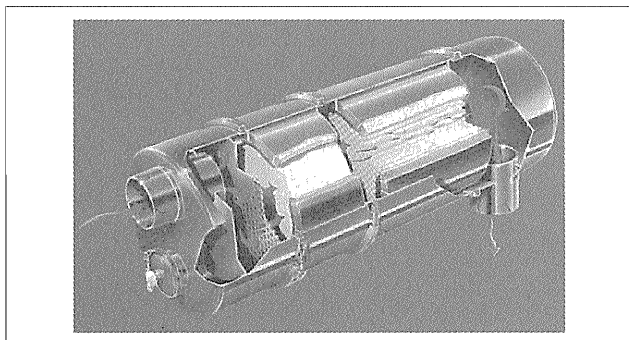


図-7 DPF の例

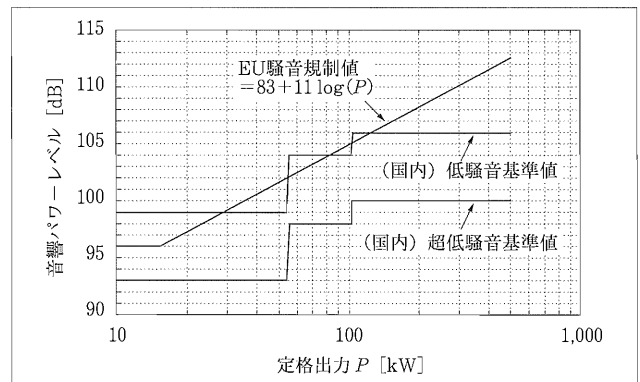


図-8 油圧ショベルの騒音規制値 (日立建機株式会社資料)

(2) 騒音低減技術 (図-9)

ディーゼルエンジンには様々な騒音源があり、騒音低減を図る際には、騒音を分析し対策を検討する必要がある。

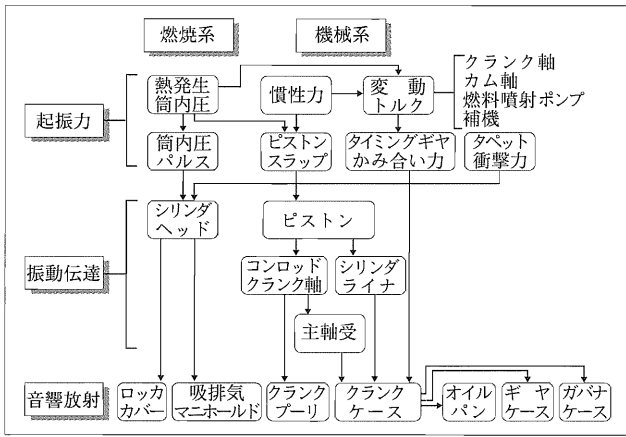


図-9 エンジンの騒音源

以下に各騒音源毎に騒音低減事例を紹介する(図-10)。

(a) 燃焼音低減

コモンレールシステムを用いた燃料の分割噴射，タイミングコントロール，燃焼室形状の最適化などによ

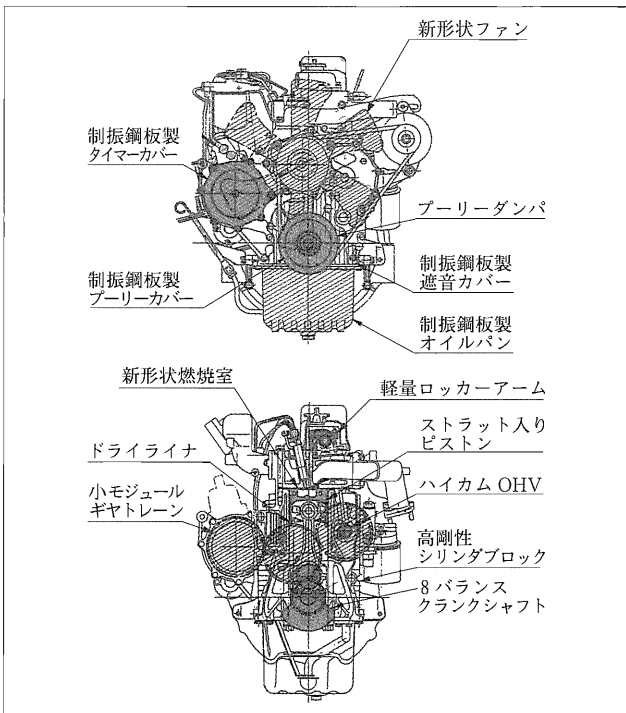


図-10 低騒音化事例

る熱発生率を抑制する。

(b) 機械音低減

タイミングギヤの小モジュール化，ストラット入りピストン採用による打音抑制，ハイカムシャフト，軽量ロッカアーム採用によるバルブメカニズム音抑制がある。またシリンダブロックなどエンジン本体の剛性を高めることで機械伝達音を低減することができる。

(c) 放射音低減

オイルパン，各種カバー類の制振鋼板化，プーリダンパ，8 バランスクランクシャフト化によりエンジンからの放射音を抑制する。

(d) 冷却騒音低減

クーリングファン，ファンシュラウドの改良

(e) 吸排気音低減 (エアクリーナ，サイレンサの改良)

通常エンジン単体の騒音値はファン騒音，吸排気音を除いた値を示している。

5. おわりに

建設機械にとってディーゼルエンジンはなくてはならない存在であるが，排出ガス，騒音などの面では，なるべく存在感を示さないことが求められている。

今後ますます環境に配慮したエンジンの技術開発が求められる。特に排出ガス規制の動向から，後処理やハイブリッド技術など，建設機械とエンジンが一体となった技術開発が必要である。

また実際の使用面において，適切な点検整備の実施と共に，適正な燃料を用いることがエンジンの出力性能，環境特性を維持するうえで必要である。 JICMA

[筆者紹介]
 山田 太郎 (やまだ たろう)
 社団法人日本建設機械化協会
 原動機技術委員会委員長
 三菱重工業株式会社
 汎用機・特車事業本部
 エンジン技術部
 小型エンジン設計課

