

戦-6 建設機械排出ガス性能の評価に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 21

担当チーム：技術推進本部（先端技術）

研究担当者：藤野健一、杉谷康弘

【要旨】

建設機械の排出ガス規制の強化が平成 23 年（2011 年）から実施され、排出ガス規制値は従来の 10 分の 1 程度となり、後処理装置などの新しい排出ガス低減技術の導入が不可欠となる。これらの技術は使用過程においても当初の性能を維持していることが重要であるが、その確認方法については確立されていない。本研究では、現在市場に存在する車載型排出ガス測定装置を使用して、建設機械の作業環境においても、エンジンを車体に搭載したまま排出ガスを計測する方法についてその実施が可能であることを確認した。

キーワード：建設機械、排出ガス、車載型排出ガス計測装置

1. はじめに

建設機械をはじめとする公道を走行しない特殊自動車の排出ガス規制（特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（以下「オフロード法」という。）が平成 18 年から開始されているが、この規制の強化が平成 23 年（2011 年）から予定されている。この規制は極めて厳しく、排出ガス値がこれまでの 10 分の 1 程度と非常に低い値であるとともに、この規制に対応するために新しい排出ガス低減技術が採用されることになる。実際の大気環境が改善される上で非常に重要なことは、規制の強化により高性能となった排出ガス性能が、工場出荷時だけの初期的な性能ではなく、実際の現場でも長期間に渡りその性能が維持されることである。しかしながら、新しい排出ガス低減技術については耐久性に対する知見が十分ではない。また、これまでの使用過程車の排出ガス性能を確認する方法（黒煙をろ紙に吸着させ、反射式モークメータにより黒煙濃度を計測する方法）では、非常に低い値となった排出ガス性能を検査する方法としては不十分である。そのため、本研究では、規制強化により期待される大気環境の保全が確実に実施されることを目的に、オフロード法の規制の体系を念頭におきつつ、使用過程車が期待通りの排出ガス性能を維持していることを確認する方法について提案する。

2. 研究方法

2.1 車体振動に対する信頼性試験の方法

2.1.1 車載型排出ガス測定装置の諸元

オフロード法の規定では、排出ガスの測定方法として、

NO_x については化学発光分析計 (CLD) 又は非分散形紫外線分析計 (NDUV) を、CO については非分散形赤外線分析計 (NDIR) を、THC については水素炎イオン化法分析計 (FID) が標準となっている。

表 1 車載型排出ガス測定装置諸元

測定項目	測定原理	
	A社製	B社製
NO _x	CLD	(NO と NO ₂ を合計する)
NO	-	NDUV
NO ₂	-	NDUV
CO	NDIR	NDIR
THC	FID	FID
寸法 (mm)	約 W350 × H330 × D500	約 W516 × H404 × D622
質量	約 29kg	約 35kg
外観		

車載型の排出ガス測定装置としては、これらの測定方法を使用する装置を選定した。国内で調達可能な装置を調査した結果、現状では 2 社のものが存在することがわかった。この 2 社の装置は、NO_x に関する測定原理が異なることから、両方の装置を試験することとした。A 社製は、いったん NO₂ を NO に変換した後に全ての NO を計

測することにより、NO_x 値を出力する。B 社製の、NO と NO₂ をそれぞれ計測し、NO_x 値はそれらを合計する。NO_x 以外の測定原理は基本的に同じである。排出ガス測定装置の諸元を表 1 に示す。

2. 1. 2 試験方法

排出ガス測定装置を建設機械に実際に搭載し、様々な動作で発生する振動に対する信頼性（出力値の精度）を評価する。建設機械としては、最も一般的な油圧ショベルとした。測定装置にガスボンベから濃度一定のガスを送り、動作中の濃度の出力値を記録することにより、振動により精度に影響を与えるような異常値の発生の有無を調べる。装置の搭載の様子を図 1 に示す。排出ガス測定装置は運転室（キャブ）の上部にコンパネを固定し、その上に設置した。コンパネ上と車体側に加速度計を設置し、振動の大きさも計測する。



図 1 測定装置搭載状況

振動を与える動作は下記の 10 通りとした。それぞれの動作は停止状態から開始し、3 往復又は 3 回実施する。

- ① 旋回操作（180 度）：上部旋回体を 180 度回転し、止める動作。
- ② 走行（コンクリート面）：平らなコンクリート面における、走行・停止動作。
- ③ 走行（土地面）：地盤が土でほぼ平らな地面における、走行・停止動作。
- ④ 走行（不整地）：不陸のある土の地面における。走行・停止動作。
- ⑤ 走行（登り坂）：勾配が 8~9% 程度の坂を登り降りする動作。
- ⑥ 掘削・旋回・積み込みの一連動作：土を掘削し、90 度旋回後、積み込みする動作。
- ⑦ バケット地面押し当て動作：バケットを上下に動かし、地面を締め固める動作。
- ⑧ クローラ端部落とし動作：バケットを地面に押し当てクローラ部を浮かした状態から、バケットを急に上げ、クローラ部を落下させる動作。

- ⑨ ブーム上げ動作：ブームを急激に上げる動作。
- ⑩ ブーム下げ動作：ブームを急激に下げる動作。

2. 2 実稼働を対象とした排出ガス計測試験の方法

2. 2. 1 機器・測定装置の構成

測定装置全体の構成図を図 2 に示す。赤○印はデータを記録する装置であり、これらのデータの記録開始時刻は同期させている。

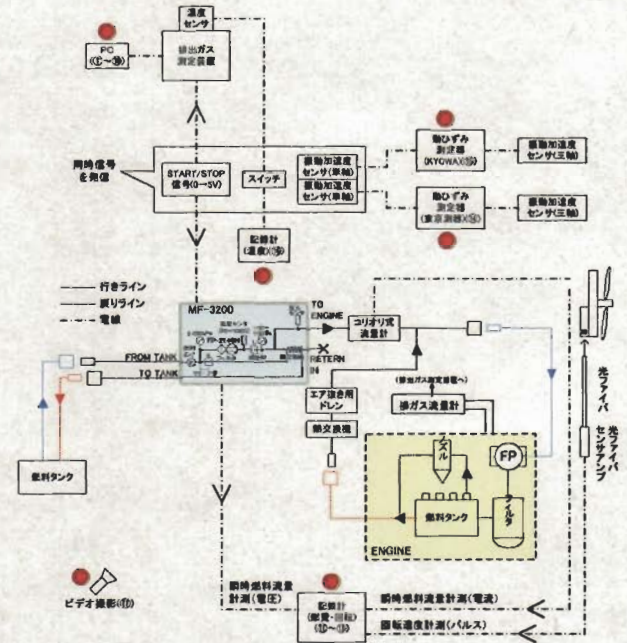


図 2 排出ガス測定機器構成図

2. 2. 2 仕事量の計算方法

排出ガス規制値の単位 g/kWh の分母である仕事量を算出するため、出力を測定する必要がある。しかし、出力を直接測定することは困難であり、別のパラメータから計算しなければならない。今回は、搭載されているエンジンの回転数と燃料消費量から出力を計算する方法とした。

2. 2. 3 動作条件

排出ガスを測定した動作条件は、油圧ショベル使用した作業のうち、一般的と思われる掘削、旋回、排土、走行、待機（アイドリング状態）を組み合わせるとして 1 サイクル（約 5 分間）とし、これを 4 回連続して行い、合計約 20 分間の排出ガスを測定した。

3. 試験結果

3. 1 車体振動に対する信頼性試験の結果

車体振動に対する結果を表 2 に示す。各動作条件に対して、2 社の装置のうち、どちらか一方でも測定器メーカーの保証する測定精度を超えるノイズが発生した場合に

「NG」と記載している。ただし、それぞれの製品の市場における評価に影響を与える可能性があるため、個別の製品を特定した表現は本報告内では敢えてしないこととする。

表2 振動に対する試験結果

動作条件	NOx 又は NO・ NO ₂	CO	THC
旋回操作(180度)			
走行(コンクリート面)			
走行(土地面)		NG	NG
走行(不整地)		NG	NG
走行(登り坂)		NG	
掘削・旋回・積み込みの一連動作			
バケット地面押し当て動作			
クローラ端部落とし動作			NG
ブーム上げ動作			
ブーム下げ動作			

NOx については問題無く測定可能と判断される。

CO についての出力値を車体の振動(排出ガス測定装置を設置したコンパネに取り付けた振動計の振動)と比較すると、図3に示すように振動と連動して出力値の変動が見られた。異常値は走行系の動作で発生しているのが特徴である。加速度としては鉛直方向で3G程度である。バケット押し当て動作などでも3G程度の加速度が発生するが、その時のCOの出力値の変動は小さく、精度内に収まる程度のものである。これらから考察されることは、走行のように「ガタガタ」と連続する振動の方が、「ガタン」と単発でくる振動よりも計測器への影響が大きいようである。このような振動は覆帯式の建設機械に特有のもので、タイヤ式の車両が舗装面を走行する際には通常発生しない。この問題を解決するには、測定器が受ける振動を軽減するための特別の緩衝材や装置を用意するか、測定器そのものの耐振動性を高める改良が求められる。ただし、実際に排出ガス性能を評価する際には、瞬時値ではなく、総排出量を総仕事量で割って計算することから、プラス方向とマイナス方向に同程度にノイズが発生する場合には、その影響はある程度緩和されることになる。また、油圧ショベルの実際の動作では、掘削積み込み等が主たる動作で、走行の占める割合が大きくないことから、ノイズの影響は更に小さくなると想定さ

れる。COについては、通常、規制値と比較して排出量が十分小さく、規制値とのぎりぎりの比較をすることがないことも考慮すると、排出ガス性能を評価する上での支障とはならないと考えられる。

THCについても、図4に示すようにノイズが発生した。そのノイズ波形から、振動による出力値のぶれというよりも、衝撃に対するプラス側への異常値といった方がよい。しかもかなり大きな異常値である。これを防ぐためには、振動を軽減するための対策をすることも求められるが、異常値の出方が明確であるため、実際の評価の際には、濃度値を観察し、異常値を排除することで対応する。

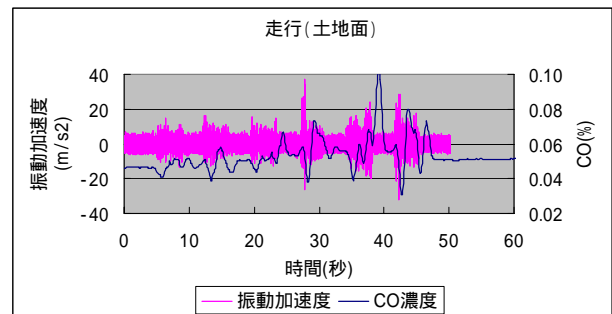


図3 COの振動ノイズ(走行(土地面))

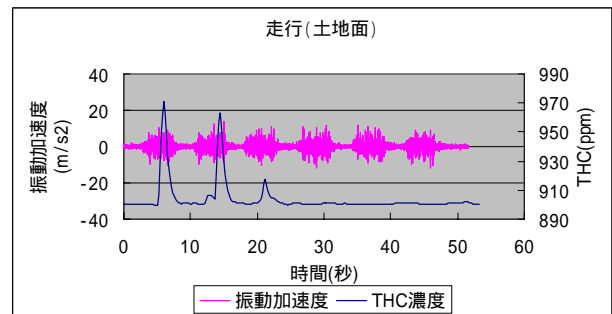


図4 THCの振動ノイズ(走行(土地面))

3.2 実稼働を対象とした排出ガス計測試験の結果

排出ガス計測結果の一例を図5～図8に示す。横軸は試験開始からの経過時間で、ある測定回の3サイクル目の開始付近のデータで、640～650秒の区間はアイドリング状態で、650秒からは掘削作業である。振動試験においてノイズの発生形態がわかっているので、NOxやTHCのグラフで燃料消費量の変動と大きく連動しているところはノイズではなく、実際の濃度の変化を示していると判断される。COやTHCにおいてもこの区間では特段問題は無いと思われる。

4. まとめ

本研究では、使用過程の建設機械について、その排出ガス性能を確認する方法について検討を行った。その結

果、以下のことがわかった。

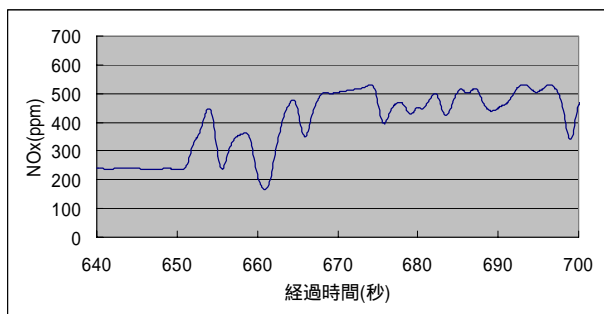


図5 NOx 測定値

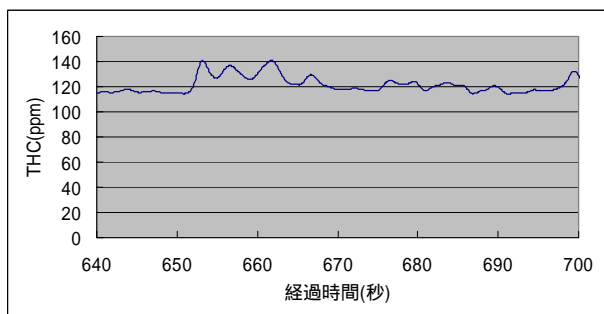


図6 THC 測定値

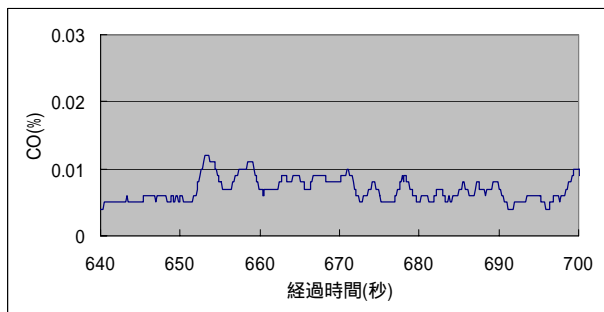


図7 CO 測定値

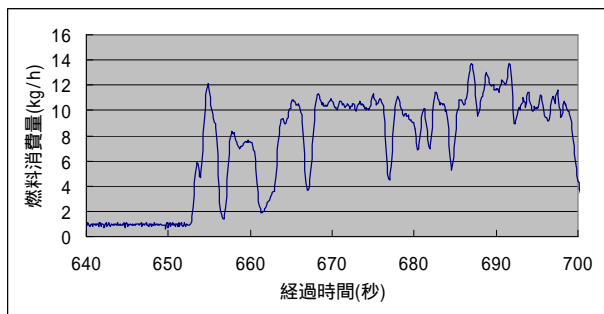


図8 燃料消費量測定値

- 1) 車載型排出ガス測定装置の建設機械での適用性を確認した結果、振動による出力値の変動（異常値の出力）が発生することが確認された。ただし、CO濃度の異常値については、排出ガス排出量全体への影響が小さいこと、THC濃度の異常値については、データの解析時に除去することで対応できることから、排出ガス性能の評価を行うことについて、問題無く

使用できることがわかった。また、エンジン回転数、燃料消費量を計測することで仕事量を算出し、規制値との比較も可能であることを確認した。

- 2) 油圧ショベルについて実負荷の動作パターンを設定し、サイクル毎の排出量のばらつきを解析した。その結果、今回測定した機械については、NOx及びTHCについては計測値の約5%、COについては約20%のばらつきがあった。実際に土を掘削するような試験については、全く同じ負荷条件とすることは困難なことから、異なった型式の優劣や規制値との比較をする際には、測定値のばらつきを考慮する必要がある。今後、ばらつきの程度についてはデータの蓄積が必要であると判断される。
- 3) 中型以上の油圧ショベルの場合、今回使用した搭載架台等を車体後部に設置すれば、必要な機器を搭載でき、特殊な現場やアタッチメント装着車でなければ、工事現場で作業を妨害せず（油圧ショベルの動作に影響を与えることなく）測定が可能である。ただし、雨には弱いため対策が必要となる。
- 4) 国内で建設機械に対して車載型の排出ガス測定装置を使用して排出ガス測定を実施した事例はほとんどなく、試験中に所々で問題が発生したが、それらを次の測定に活かすノウハウを習得することができた。今後、行政機関が自ら測定を実施する場合であっても、メーカー等に実施させる場合であっても、適正な測定を指導・監督することができる。

今後は、実際に使用過程車の排出ガス性能を計測し、工事現場における排出ガス排出量の実態調査や、新しい排出ガス低減技術の長期劣化の傾向等の調査を実施するなど、本研究の成果を大気環境の改善として役立てていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 中央環境審議会：「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第九次答申）」、平成20年1月
- 2) 環境省、国土交通省、経済産業省：「特定原動機型式指定実施要領」、平成18年5月

A STUDY ABOUT EVALUATION OF PERFORMANCE OF EMISSION FROM CONSTRUCTION MACHINE

Budged : Grants for operating expenses
strategic account

Research Period : FY2006-2009

Research Team : Advanced Technology Research Team

Author : Kenichi FUJINO

Yasuhiro SUGITANI

Abstract : Reinforcement of the exhaust emission regulation of the construction machine is enforced in 2011, and the exhaust regulation value becomes around a one-tenth of before. Then the introduction of new exhaust reduction technology such as postprocessing devices becomes indispensable. It is important that these technology maintains original performance in the use process. However, it is not established about the confirmation method. In this study, I confirmed that it was possible to measure exhaust with the portable emission measurement systems(PEMS) which was in the market now in the work environment of the construction machine with having put an engine on the body.

Key words : construction machine, exhaust emission, portable emission measurement systems