

# 15. 車載型排出ガス計測装置による 建設機械排出ガス評価について

## 油圧ショベルに搭載した場合の適用性試験報告

(独)土木研究所  
(独)土木研究所  
(独)土木研究所

○ 杉谷 康弘  
藤野 健一  
石松 豊

### 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が平成18年から開始され、平成23年からは更に規制の強化が予定されている。実際の大气環境が改善される上で非常に重要なことは、排出ガス規制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、実際の工事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。排出ガス規制では、原動機の型式指定を厳密に行うことにより、原動機が車体に搭載された後においては、黒煙の値だけで排出ガス性能の悪化が監視されている。また、実際の工事現場では、原動機の型式指定時の試験条件(運転負荷等)とは必ずしも同一ではないとともに、性能劣化や整備不良などにより、規制値どおりの排出ガス値が常に保証されているとは限らず、実際の工事現場における排出量については正確に把握されているわけではない。平成23年以降の排出ガス規制強化では、排出ガス低減に触媒が重要となるが、その性能が劣化したことを容易に判断することも難しく、排出されるガスの実態や性能維持の状態を確認することがますます不明になる可能性がある。これらの問題に対応するためには、実際の工事現場で稼働している車両の排出ガスをその状態で計測し評価する方法が有効と考えられる。近年、比較的コンパクトな車載型の排出ガス測定装置が開発されているが、これらが建設機械に搭載した場合でも有効に機能することが確認できれば、工事現場での排出ガス計測が可能となる。そのため、車載型排出ガス計測装置を油圧ショベルに搭載し、実稼働状態での排出ガス計測が有効に実施できるかを検証した。

### 2. 試験方法

#### 2.1 評価の観点

車載型排出ガス計測装置については、トラック等のオンロード車では、実際に車両に搭載し計測等を行った研究成果<sup>1)</sup>も発表されている。そのた

め、今回の検証は、オンロード車とは条件が異なる事項として、①油圧ショベルが作業中であっても(振動がある状態であっても)適切な計測が可能であること、②測定に必要な機器を全て搭載した状態であっても油圧ショベルの動作に影響がないことの2点に着目して実施した。

#### 2.2 搭載機器の概要

##### (1) 車載型排出ガス測定装置

オフロード法の規定では、排出ガスの測定方法として、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)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(一酸化炭素)については非分散形赤外線分析計(NDIR)を、THC(全炭化水素)については水素炎イオン化法分析計(FID)が標準(又は標準予定)となっている。車載型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。現状では、2社の装置が存在するが、NO<sub>x</sub>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。NO<sub>x</sub>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、設置の状況を図-1に示す。

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 <sub>x</sub>	CLD	(NO と NO <sub>2</sub> を合計する)
NO	—	NDUV
NO <sub>2</sub>	—	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		



図-1 車載型排出ガス測定装置設置状況

(2) 排出ガス流量計・排出ガス温度計

排出ガスの量を計算するためには、排出ガスの濃度と同時に流量を計測する必要がある。流量計はA社、B社とも、それぞれの車載型排出ガス測定装置専用のものを用意している。排出ガスの量（排気管の径）によりシリーズ化されており、今回の試験で使用した油圧ショベルに適したものを選定した。流量計の前部には、流れを安定させるための直管部が必要であり、フレキシブル管で方向を変えた後、治具を使用し、車体に設置した。流量計部には排出ガス温度計も設置されている。設置の状況を図-2 に示す。



図-2 排出ガス流量計設置状況

(3) エンジン回転計・燃料流量計

エンジンの仕事量を算出するため、エンジン回転数と燃料消費量を計測する。エンジン回転数はエンジンからの出力軸の一部に反射テープを貼り、それを光ファイバセンサで検知する方法とした。燃料消費量は、エンジンに送られた燃料の一部がエンジンタンクに戻されることを考慮し、戻り管を流量計よりもエンジン側につなぎこむことで、流量計では正味の消費量が計測できるようにした。設置の状況を図-3 に示す。



図-3 燃料流量計及びエンジン回転計設置状況

(4) 電源・搭載架台

排出ガス測定装置やその他の測定装置を駆動するための電源が必要であるが、車体のバッテリーを使用すると、その分エンジンが本来の仕事以上の負荷がかかるため、別途用意する必要がある。電源としてはバッテリーか発動発電機が想定されるが、長時間（測定装置は測定前に1時間程度の暖気が必要であり、一度電源を切ると開始前に再度1時間のロスタイムが生じる。そのため、試験時は、朝から夕方まで通電したままにする必要がある。）に耐えられる発動発電機とした。

また、排出ガス測定装置以外に、燃料流量計、発動発電機、ガスボンベなどを安全に車体に取り付ける必要があるため、専用の架台を製作し、搭載することとした。中型以上の油圧ショベルであればメーカーを選ばずに搭載ができるように車体後部にベルトのみで固定する方式とした。設置の状況を図4 に示す。



図-4 搭載架台設置状況

(5) 測定機器の構成

測定機器全体の構成を図-5 に示す。振動の影響を見るため、振動加速度計も設置している。

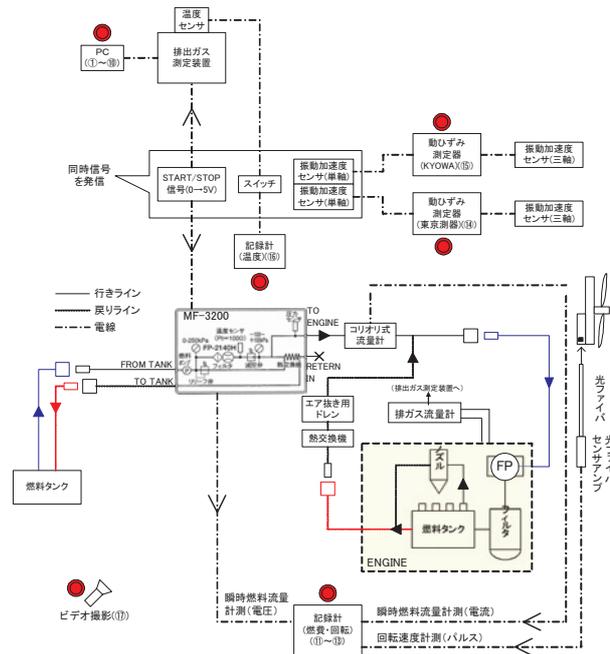


図-5 排出ガス測定機器構成図

## 2.3 動作条件

振動を与える動作は下記の11通りとした。①から⑩までの動作は実際の作業時に想定される個々の動作であり、それぞれ、停止状態から開始し、3回（又は3往復）実施した。⑪の動作は、実際の作業を想定し、掘削や走行を組み合わせた動作であり、を約20分間連続して実施した。

①から⑩までの動作条件においては、車載型排出ガス測定装置にガスボンベから一定の濃度のサンプルガスを吸引させ、濃度の出力信号の変化を観測した。⑪の動作条件においては、油圧ショベルの排気管からの排出ガスを計測した。

- 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。
- ⑪ 実作業連続動作：掘削・旋回・排土・走行・待機（アイドル状態）を組み合わせた動作。

## 3. 試験結果

### 3.1 振動に対する影響

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、どちらか一方の機器でも測定器メーカーの保証する測定精度を超える異常値が発生した場合に「影響有り」と記載している。

NOxについては若干の濃度変化が見られたが、全て精度の範囲内であった。

COについての出力値を車体の振動加速度と比較すると、図-6及び図-7に示すように振動と連動して出力値の変動が見られものがあつた。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必要となる。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。図-6の「③走行（土地面）」の場合には、ノイズにより示される濃度の値は、実際の値の約200%の値を示すところもあるが、ノイズが発生している範囲の濃度の平均値は実際の濃度の約111%であり、排出ガス流量が一定であると仮定すると総排出量では1割程度の差になる。また、動作全体では、影響の無い動作もあり、全体で見れば、影響は更に小さくなると想定される。また、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-8や図-9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ことや、強い衝撃の時だけであることから、実際の評価の際にも振動加速度を測定しておき、異常値の部分だけを排除することが現実的な対応であると思われる。

表-2 振動に対する影響の有無

動作条件	NOx 又は NO・NO <sub>2</sub>	CO	THC
①旋回操作(180度)	○	○	○
②走行(コンクリート面)	○	○	○
③走行(土地面)	○	影響有り	影響有り
④走行(不整地)	○	影響有り	影響有り
⑤走行(登り坂)	○	影響有り	○
⑥掘削・旋回・積み込みの一連動作	○	○	○
⑦バケット地面押し当て動作	○	○	○
⑧クローラ端部落とし動作	○	○	影響有り
⑨ブーム上げ動作	○	○	○
⑩ブーム下げ動作	○	○	○

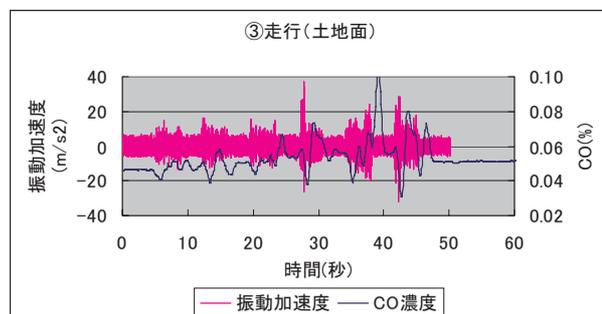


図-6 CO出力値の振動影響（走行（土地面））

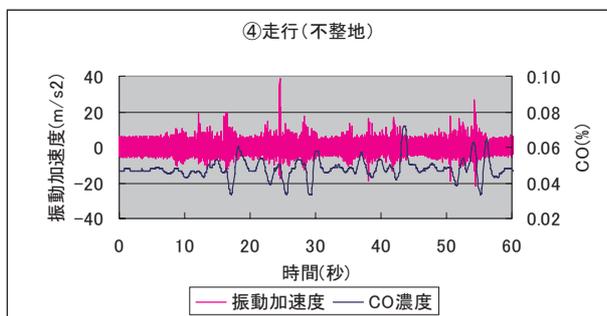


図-7 CO出力値の振動影響（走行（不整地））

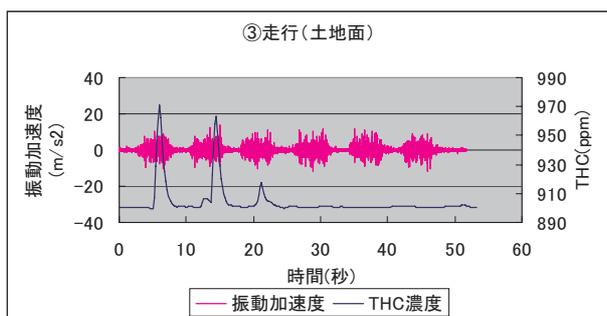


図-8 THC出力値の振動影響（走行（土地面））

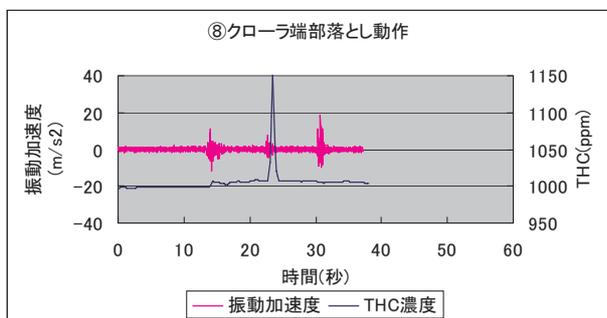


図-9 THC出力値の振動影響（クローラ端部落とし動作）

### 3.2 油圧ショベルの動作に対する影響

全ての測定機器を搭載した状態で、①から⑩の単独動作及び⑪の連続動作ともに、油圧ショベルの動作が制限されることはなかった。

ただし、全ての測定機器が車外（運転室内等ではないということ。）に設置されているため、水や泥がかかるような場所での作業や、雨中での作業など、作業環境の制限は受けることになる。

### 3.3 その他試験中に発生した問題点・懸案事項等

- (1) ベルトで固定しているものについては（搭載架台及びB社製の排出ガス測定装置）振動によりズレることがあった。相当きつく締め付けたつもりでも、特に初期の段階で発生しやすい。20分間の実作業試験では問題が発生するほどではなかったが、測定装置等を新たに設置した直後に1時間程度の連続測定をすることは避けた方がよいと思われる。
- (2) 測定装置に電源を供給する発動発電機が振動により1度停止した。特段の対策は実施せず、再始動させたが、その後は停止することはなかった。1度停止すると、再起動に時間を要す

るため、実際の現場での測定では（測定時間にもよるが）駆動部の無いバッテリーの方がリスクは少ないと思われる。

- (3) 測定器等は車外に設置され、簡単に撤去することも困難なことから、小雨であっても防ぐ必要がある。今回は簡易的なビニールの覆いを作成したが、急な天候の変化による対応を考えておく必要がある。
- (4) 排出ガスのサンプリングホース、燃料ホース、電源ケーブル、制御ケーブルなどが車体上に交錯するが、測定前後の確認などのために車体の上で作業することもあり、安全上、人の動線をよく考えて設置する必要がある。

## 4. まとめ

車載型排出ガス測定装置を使用し、使用過程の建設機械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。

- (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に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) 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）測定が可能であることを確認した。
- (3) 国内で建設機械に対して車載型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、それらの課題を抽出することができた。

これらにより、実際の工事現場における排出ガス量の実態調査や、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ことへの道筋ができた。今後は、実際に調査を行い、本研究の成果を大気環境の改善に役立てていきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 山本敏朗・小川恭弘・佐藤進：車載計測システムを用いた実路走行時の環境負荷量の計測及び増大要因の解析（第3報），社団法人自動車技術会学術講演会前刷集，No.16-08，pp.11～16，2008