

# 車載式測定器による建設機械の実稼働での排出ガスの測定

吉永弘志・梶田洋規

## 1. はじめに

油圧ショベル及びブルドーザ等の建設機械、フォークリフト等の産業機械、並びにコンバイン等の農業機械（以下、総称して「特定特殊自動車」という。）の排出ガスは、エンジン単体の室内試験値で規制されてきた（図-1）。

これまで、新たな排出ガス規制は、欧米から国内へ、乗用車、バス、及び貨物車等（以下、総称して「自動車」という。）から特定特殊自動車へ波及してきた経緯がある。

近年、欧米の自動車の規制で新たな変化がみうけられる。具体的には、米国では、温室効果ガスの二酸化炭素 CO<sub>2</sub>、亜酸化窒素 N<sub>2</sub>O（温室効果は CO<sub>2</sub> の 298 倍<sup>1)</sup>）、及びメタン CH<sub>4</sub>（同 25 倍<sup>1)</sup>）の排出基準を定めて 2014 年モデル以降の自動車を規制している<sup>2)</sup>。欧州連合（EU）は、自動車の路上走行時の排出ガス試験（RDE：Real Driving Emissions test）を追加する規制を 2017 年 9 月から導入する<sup>3)</sup>。

また、米国環境保護庁（EPA：Environmental Protection Agency）及び中国の研究機関では実稼働している建設機械の排出ガスの測定値を公表している<sup>4),5)</sup>。建設機械の排出ガスにかかるこれら



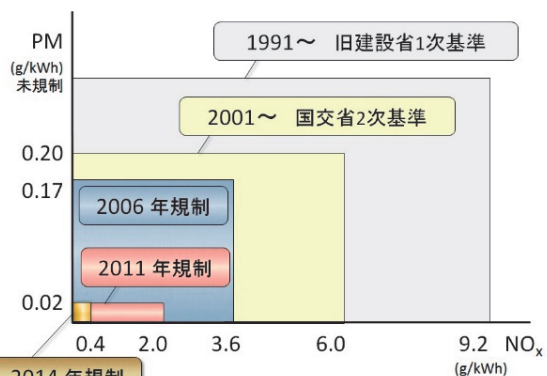
図-2 油圧ショベルに搭載した測定装置

の知見は、測定・評価の必要性の判断、測定・評価方法の選定等に資することができると考えている。

土木研究所では、搭載式の測定器を建設機械に設置し、構内の試験場において実稼働を模擬した動作で排出される排出ガスを測定してきた<sup>6),7),8)</sup>。本稿は、上記に示したように排出ガスの測定に関する最新の動向を紹介するとともに「建設機械における温室効果ガス及び排出ガスの影響評価に関する研究」（研究期間は 2015 から 2018 年度）の速報として、2015 年度に実施した実験（図-2）<sup>9)</sup>の結果の一部について報告するものである。

## 2. 測定概要

測定の概要を表-1に示す。ディーゼル微粒子捕



(注) 2001年までの基準は建設機械のみに適用。

図-1 特定特殊自動車の排出ガス規制値の推移例 (定格出力130kW以上560kW未満)

表-1 測定概要

測定時期	2015年10月~2016年1月	
測定場所	土木研究所構内	
建設機械	油圧ショベル 20t クラス.DPF 装着 1台	
測定項目と測定装置	測定項目	測定装置
	エンジン回転数,トルク	CAN データロガー (VECTOR, GL1000)
	排出ガス濃度	FTIR(岩田電業, FAST-2200)
	排出ガス流量	ピトー管式流量計(堀場製作所, OBS1300)
測定対象 (ガスの種類)	CO <sub>2</sub> 、CO、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O、NO、NO <sub>2</sub> 、NMHC(非メタン炭化水素)、NH <sub>3</sub> 、H <sub>2</sub> O 他	

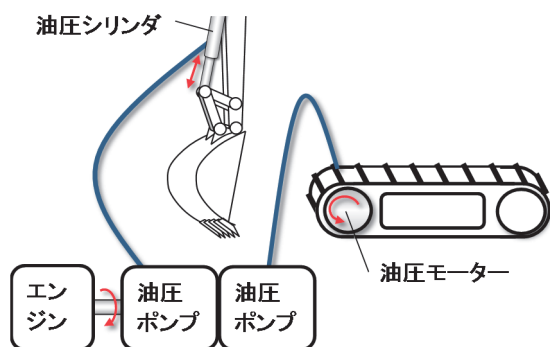
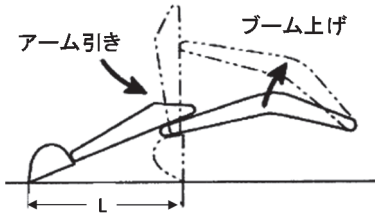



図-3 油圧ショベルの動力系統の模式図

表-2 測定における各種の動作

動作	内容	回数等
待機	アイドリング	約5分
走行	片道25mの区間往復	3回
ならし	アーム、及びバケットが一直線になる状態を開始姿勢(下図 JCMAS H 020:2014 <sup>10)</sup> 引用)とし、L=4.5mの範囲で水平引き  	30回
実掘削	掘削、45度の旋回、及びバケットダンブ	5回
模擬動作	アーム、及びバケットが一直線になる開始姿勢、水平引き、バケット掘削、ブーム上げを伴う90度の旋回(下図 JCMAS H 020:2014 <sup>10)</sup> 引用)、及びバケットダンブ  	5回

集フィルター(DPF : Diesel Particulate Filter)を搭載した20tクラスの油圧ショベルに測定装置を設置し、「待機」、「走行」、「ならし」、「実掘削」、及び「模擬動作」の動作を順に行って排出ガスを連続して約30～40分間測定した(連続した測定値の一部を後述する図-4に示す)。これらの動作は測定条件を統一することを目的として設定したものであり、将来、測定方法を定めるにあたっては詳細な検討が必要である。測定数は、測定時期、

オペレータ、及び運転モードの条件を2期(10月と1月)、3人、及び2種類(パワー優先と燃費優先)の組み合わせとして合計で12回(2×3×2)となった。

油圧ショベルはエンジンで油圧ポンプを駆動し油圧モータ及び油圧シリンダで走行、旋回、及び掘削等の動作を行う(図-3)。通常の運転ではエンジンのアクセル開度を固定し、4本のレバーで走行・旋回・掘削等の動作を行う。「待機」、「走行」、「ならし」、「実掘削」、及び「模擬動作」の動作は表-2に示すとおりとした。

排出ガスの濃度、及び流量はフーリエ変換赤外分光法(FTIR : Fourier Transform Infrared Spectroscopy)及びピトー管式の流量計で測定した(図-2)。同時にエンジンの制御用ユニット(ECU : Engine Control Unit)の電気信号に含まれる回転数とトルクのデータをCAN(Controller Area Network, 輸送用機械やロボット等の機器間のデータ転送に使われる規格)のデータロガーで取得した。

### 3. 測定値

本稿においては、全12回の測定(CASE-1~12)のうち、速報として1回分(CASE-1 10月測定)の測定値について整理した結果について述べる。他のデータについては現在、整理中であるが、排出ガスの濃度がCASE-1と同程度であることを確認している。全体をとりまとめた測定値の偏差等の結果については、後日報告する予定である。

#### 3.1 測定値の時間変化

エンジン回転数、動力、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、N<sub>2</sub>O、及びCH<sub>4</sub>の時間変化を図-4に示す。[ECU]及び[FTIR]はエンジンのECUの出力及びFTIRでの測定値を示す。エンジンのアクセル開度を固定している(A)エンジン回転数は大きく変化していないが負荷に応じて燃料の消費及びトルクが変化し、(B)動力及び(C)CO<sub>2</sub>濃度が変化する。(D)NO<sub>x</sub>濃度は動作によって変化するが、(B)、(C)より変化は小さい。(E)亜酸化窒素及び(F)メタンの濃度は小さく、動力の変化との関連はみうけられない。

#### 3.2 動作別の測定値

動作別の測定値を図-5に示す。CO<sub>2</sub>は動作の内容によらず同程度の値となったが、他の排出ガスは「待機」時の排出量が他の動作よりも大きく

なった。参考までに国内での建設機械のエンジン単体試験でのNO<sub>x</sub>の規制値を併記している。一般に自動車の実走行時のNO<sub>x</sub>排出量は室内試験による結果よりも大きくなる事例のあることが報告<sup>1)</sup>されているが、今回の建設機械の測定では、室内のエンジン単体試験での規制値を下回っていた。要因として、建設機械ではエンジンの回転数を固定して操作をすることが考えられる。また、N<sub>2</sub>O及びメタンCH<sub>4</sub>の温室効果はCO<sub>2</sub>の298倍及び25倍と大きい排出量はごく微量であった。今後、他のデータについても解析、整理し、測定値の偏差等についてとりまとめるとともに、建設

機械の稼働に伴い排出されるNO<sub>x</sub>および温室効果ガス(CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)の全体像について整理する。

#### 4. まとめ

建設機械の稼働に伴うNO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、及びCH<sub>4</sub>の測定値を「待機」、「走行」、「ならし」、「実掘削」、及び「模擬動作」の動作別に整理した。今後、他のデータを解析して測定値の偏差について把握するとともに、建設機械の稼働に伴い排出されるNO<sub>x</sub>および温室効果ガスの全体像について整理する。

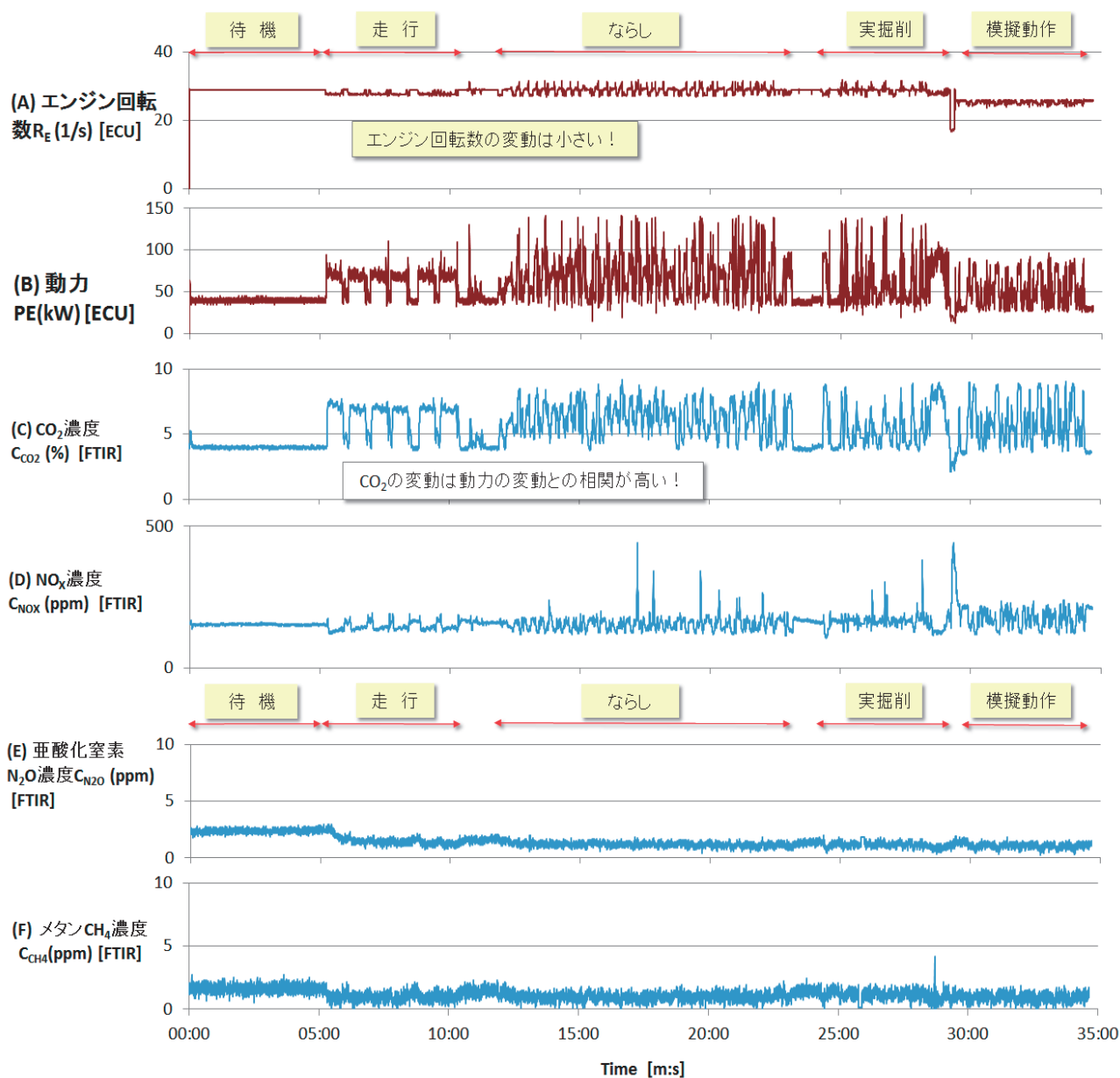


図-4 測定値の時間変化

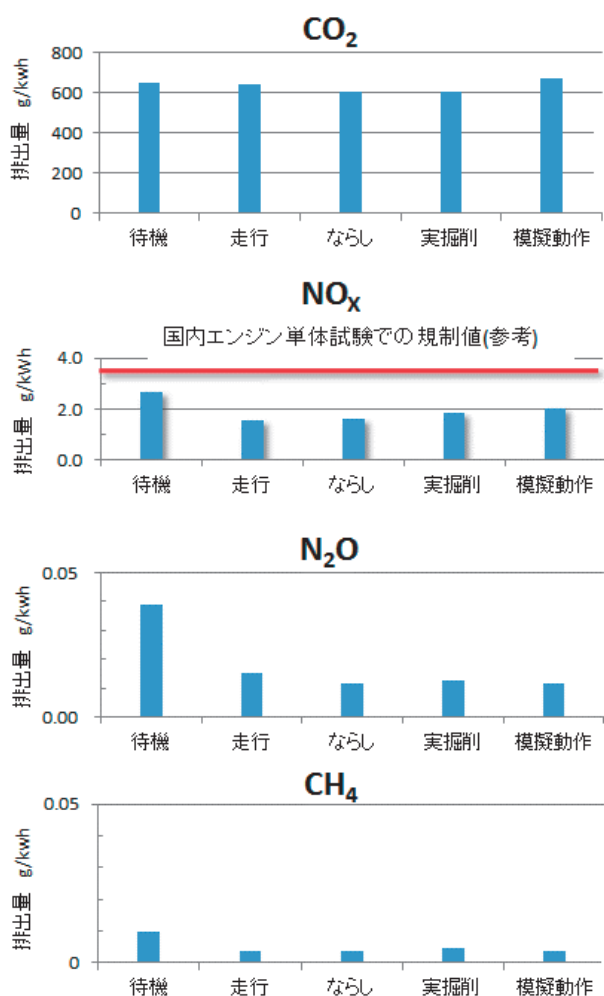


図-5 動作別の測定値

参考文献

- 1) U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE: ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS, Title 40, PART 86—CONTROL OF EMISSIONS FROM NEW AND IN-USE HIGHWAY VEHICLES AND ENGINES, §86.1818-12 Greenhouse gas emission standards for light-duty vehicles, light-duty trucks, and medium-duty passenger vehicles.
- 2) U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE: ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS, Title 40, PART 1036—CONTROL OF EMISSIONS FROM NEW AND IN-USE HEAVY-DUTY HIGHWAY ENGINES, §1036.108 Greenhouse gas emission standards.

- 3) European Commission: Press release, Commission welcomes Member States' agreement on robust testing of air pollution emissions by cars Brussels, 28 October 2015.
- 4) U.S. Environmental Protection Agency, Populations, Activity and Emissions of Diesel Nonroad Equipment in EPA Region 7, 2010.
- 5) Fu Mingliang, Ge Yunshan, Tan Jianwei, Zeng Tao, Liang Bin: Characteristics of typical non-road machinery emissions in China by using portable emission measurement system, SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, vol. 437, pp.255-261, 2012.
- 6) 杉谷康弘、藤野健一、石松 豊：車載型計測装置による建設機械の排出ガス計測方法の検討、土木技術資料、第53巻、第7号、pp.10～13、2011
- 7) 石松 豊、杉谷康弘、西山章彦、藤野健一：実稼働状態の建設機械排出ガス計測結果における一考察、平成25年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集、pp.195～198、2013
- 8) 藤野健一、西山章彦、杉谷康弘：建設機械排出ガスの実態調査事例、ENGINE REVIEW、Vol.5、No.3、2015
- 9) 野村正之：建設機械における稼働時の温室効果ガスの検討、建設機械2016.5、pp.63～69、2016
- 10) 一般社団法人日本建設機械施工協会標準部会、JCMAS H020:2014
- 11) 国土交通省：排出ガス不正事案を受けたディーゼル乗用車等検査方法見直し検討会、国土交通省web site

吉永弘志



土木研究所技術推進本部  
先端技術チーム 主任  
研究員、工博  
Dr.Hiroshi YOSHINAGA

梶田洋規



土木研究所技術推進本部  
先端技術チーム 主席  
研究員  
Hiroki KAJITA