

## 車載型排ガス計測システムOBS-ONEシリーズ

On-Board Emissions Measurement System OBS-ONE Series

**大槻 喜則**

Yoshinori OTSUKI

**青木 伸太郎**

Shintaro AOKI

**近藤 謙次**

Kenji KONDO

度重なる排ガス規制の強化にもかかわらず、特に大気環境中の粒子状物質および二酸化窒素の低減が遅れている。その原因の一つとして自動車排ガス測定試験室における排出量と実路排ガスの排出量であるRDE (Real Driving Emission)との乖離が指摘されている中、実走行条件下における排ガス計測に注目が集まっており、認証試験でもPEMS (Portable Emissions Measurement Systems)と呼ばれる車載型排ガス計測システムの導入が検討されている。このような背景から、新たにOBS-ONEシリーズを開発し、車載計測市場の要求にタイムリーに応える製品ラインナップを提案した。本稿では、OBS-ONEシリーズの製品と技術の概要を紹介するとともに、車両の実走行条件における排ガス測定に適用した例を示す。

Reduction in pollutants such as particulate matter and nitrogen dioxide in the environment is behind the schedule in spite of repeated reinforcement of emission regulations. Because it is pointed out that there is the difference between real driving emissions (RDE) on the road and emissions during regulatory defined test cycles in test laboratories, emission measurement during real driving conditions is attracting attention. Introduction to regulatory defined measurement procedures of the portable emissions measurement system (PEMS) which can determine vehicle emission on the road is currently scheduled. In order to meet such requirements from on-board emissions measurement markets timely, OBS-ONE series has been developed. The concept and technical outline of OBS-ONE series will be introduced. Examples of application to RDE measurement will be explained as well.

### はじめに

新車の排ガス認証試験では、試験室内に設置されたシャシダイナモメータ上に車両を固定し、決まった運転パターンを走行して排ガス量を測定する。この方法は試験条件をそろえて再現性を確保できる一方、実路を走行しているときの排ガスの状況をどこまで反映しきれるのか、という点が懸念されてきた。これに対し、実路走行中の排ガスを計測するために開発されたのが、車載型排ガス計測システム (PEMS: Portable Emissions Measurement System) である。

PEMSは、当初、リアルワールドの排ガス実態調査など、研究目的で主に利用されていた。しかし、最近では、排ガス規制にもPEMSを採用する動きが広がっている。まず、2007年、米国における使用過程の重量車エンジンの排ガス

検査に、NTE (Not-to-Exceed)ゾーン<sup>[1]</sup>と呼ばれる特定のエンジン条件下での排ガス量を、PEMSを用いて評価するNTE試験が導入された。この米国の使用過程車検査では、ガス成分のみでなく、粒子状物質 (PM) のPEMS計測も要求される。続いて2013年、EUにおいて、使用過程の重量車エンジンの検査にPEMSが採用された。EUの試験方法<sup>[2]</sup>は、定められた走行区間の排出率を連続的に測定するMAW (Moving Average Window) 法である<sup>[3]</sup>。さらにEUは、2016年より、小型車の新車排ガス認証試験項目として、PEMSを用いた実路走行排ガス (Real Driving Emissions: RDE) 試験を追加した。2017年9月からは、このRDE試験に窒素酸化物 (NOx) および排出粒子数 (PN) の基準値が設けられ、本格的にRDE規制が開始される予定である<sup>[4]</sup>。

HORIBA Gr.では、このようにPEMSの用途が広がるのに合わせ、車載型排ガス測定システムOBSシリーズを順次製

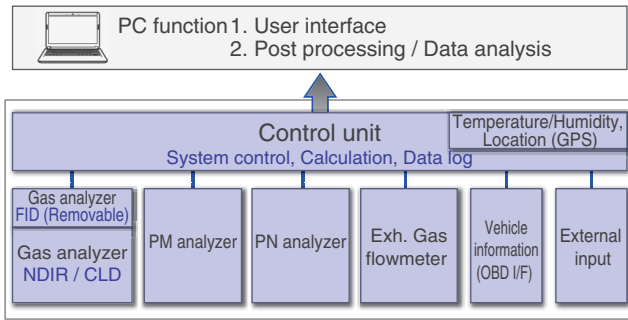


Figure 1 System configuration of OBS-ONE

品化してきた。その最新機種であるOBS-ONEシリーズでは、現在の車載計測市場の要求に応える製品ラインナップを提案している。本稿では、OBS-ONEシリーズの概要を紹介するとともに、実路走行試験に適用した例を紹介する。

## OBS-ONEシリーズの概要

### 全体構成とコンセプト

OBS-ONEシリーズは、従来機に対してより小型化と軽量化を進め、仕様・性能とも向上させた。Figure 1に、OBS-ONEシリーズのシステム構成を示す。OBS-ONEシリーズでは、認証から研究用途まで幅広く応用できることを目的に、機能毎にモジュール化を図った。ガス分析計モジュールOBS-ONE-GS、PM計測モジュールOBS-ONE-PM、PN計測モジュールOBS-ONE-PN（開発中）など、必要なモジュールの組み合わせにより、軽量車から重量車までの実路走行試験に適用できる。

Figure 2に、車内および車外へのOBS-ONEの搭載例を示す。各国・各地域で異なる道路条件や関連法規にあわせ、最適な搭載方法を選択できるようになっている。また、PEMSでは、試験毎に車両への取付け・取り外し作業が必要となる。OBS-ONEは、配管・配線のコネクタ類にワン

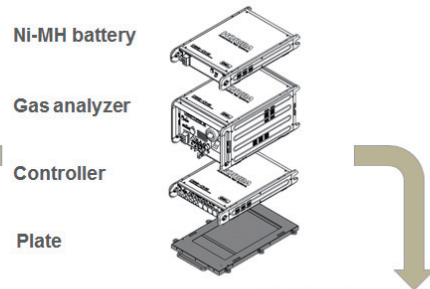


Figure 2 Installation of PEMS on the vehicle



タッチタイプを採用し、作業時間の短縮と接続ミスを防止している。

また、OBS-ONEでは、オペレータの使い勝手にも配慮した。採取データの演算やレポートを提供する基本機能に加え、実路走行中のデータの有効性をリアルタイムに判断する機能や、ドライブレコーダ等のビデオ画像データとのリンクにより、エミッション解析のサポート機能も充実させた。

### OBS-ONE-GSモジュールの構成

Figure 3にガス分析用モジュールOBS-ONE-GSの外観を、またTable 1に仕様の概略を示す。すべての分析計は加熱仕様であり、湿潤(Wet)状態の濃度測定が可能である。サンプルの水分(H<sub>2</sub>O)状態そのままでの測定であることから、低温によりテールパイプで結露が発生するような条件でも、正確にガス濃度を知ることができる。除湿器が不要であるため、分析計の応答性への影響もなく、二酸化窒素

Table 1 Specifications of PEMS for gaseous components

| Model                               |          | OBS-ONE (for RDE-LDV)   | OBS-ONE (for HDV or R & D)  |
|-------------------------------------|----------|---|---|
| Exterior                            |          |  |  |
| Measurable comp.                    |          | CO / CO <sub>2</sub> / NO <sub>x</sub> / NO / NO <sub>2</sub>                       | CO / CO <sub>2</sub> / NO <sub>x</sub> / NO / NO <sub>2</sub> / THC                   |
| Detection method                    |          | Heated NDIR, CLD×2  | Heated NDIR, CLD×2, FID   |
| Response time (T <sub>10-90</sub> ) |          | Within 2.0 s  | Within 2.5 s  |
| Power consumption                   |          | Apr. 200 W (with 2 m tube)  | Apr. 450 W (with 5 m tube)  |
| Dimension [mm]                      |          | 350 (W) × 330 (H) × 470 (D)   | 350 (W) × 460 (H) × 470 (D)   |
| Weight                              | Analyzer | Apr. 32 kg (with Control Unit)  | Apr. 45 kg (with Control Unit)  |
|                                     | Battery  | Apr. 13 kg (25 Ah) for 2.5 hours  | Apr. 64 kg (100 Ah) for 4.5 hours   |
|                                     | Cylinder | —   | Air. Mix span, H <sub>2</sub> / He  |
| Total weight                        |          | Apr. 45 kg Inc. Ni-MH battery & PC  | Apr. 115 kg Inc. Lead battery & PC (w/o cylinder)                                     |

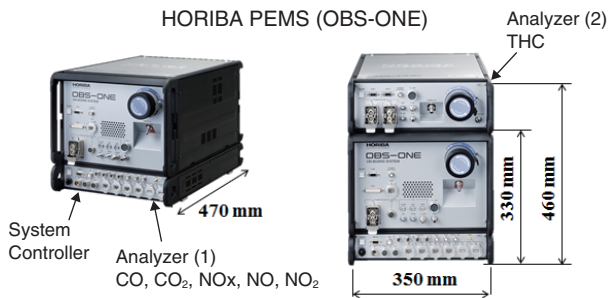


Figure 3 Outline of PEMS for gaseous components

(NO<sub>2</sub>)のような水溶性成分のロスも無視できる<sup>[5]</sup>。

Table 2に、OBS-ONE-GSで使用している測定原理を示す。一酸化炭素(CO)と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は非分散形赤外線吸収法(NDIR: Non-Dispersive Infrared), 一酸化窒素(NO)とNO<sub>x</sub>は化学発光法(CLD: Chemiluminescence Detection), 全炭化水素(THC: Total Hydrocarbons)は水素炎イオン化法(FID: Flame Ionization Detection)でそれぞれ測定される。排ガス中のH<sub>2</sub>Oの干渉影響を受けるガス成分は、NDIRで同時に検出しているH<sub>2</sub>O濃度を使って補正される。

CO, THC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>の排出質量は、濃度、排ガス流量及び各成分の密度から算出する。Equation 1に、瞬時排出質量 $m_x(t)$  [g/s]の導出式を示す<sup>[6]</sup>。

$$m_x(t) = c_x(t) \times 10^{-6} \times q_{mew}(t) \times \frac{1}{60 \times 1000} \times \gamma_x$$

..... (1)

ただし、 $c_x(t)$  [ppm]はガス成分の瞬時濃度、 $q_{mew}(t)$  [L/min]は瞬時排ガス流量、 $\gamma_x$  [g/m<sup>3</sup>]はガス成分の密度である。走行距離当りの排出量 $M_{x\_total}$  [g/km]は、Equation 2で計算する。

$$M_{x\_total} = \sum (m_x(t) \times t_{interval}) \times \frac{1}{L}$$

..... (2)

ここで、 $t_{interval}$  [s]はデータのサンプリング周期、 $L$  [km]は走行距離である。

Table 2 Detection principle of gaseous components

| 測定成分                | 検出原理           | 特徴  |
|---------------------|----------------|---|
| NO, NO <sub>x</sub> | 加熱型Dual-CLD    | <ul style="list-style-type: none"> <li>除湿器を使用せず、高速応答を確保</li> <li>小型、少サンプル流量</li> </ul>  |
| NO <sub>2</sub>     | (Dual-CLDより算出) | <ul style="list-style-type: none"> <li>除湿器を使用しない為、水分溶解によるNO<sub>2</sub>損失が無い</li> </ul>                                       |
| CO                  | 加熱型NDIR        | <ul style="list-style-type: none"> <li>除湿器を使用せず、高速応答を確保</li> <li>同時測定しているH<sub>2</sub>Oで補正している</li> </ul>                     |
| CO <sub>2</sub>     |                |   |
| THC                 | 加熱型FID         | <ul style="list-style-type: none"> <li>減圧タイプを採用し、高速応答を確保</li> <li>191°CでTHC測定することにより、HC吸着が発生しない</li> <li>コンパクトデザイン</li> </ul> |

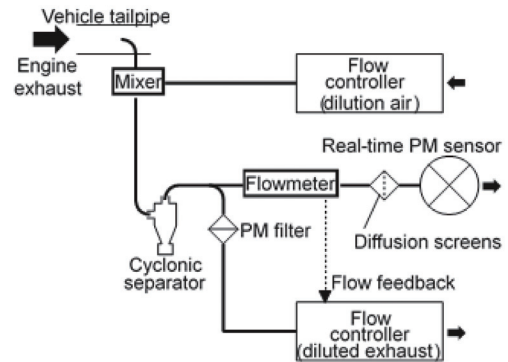


Figure 4 Configuration of PEMS PM

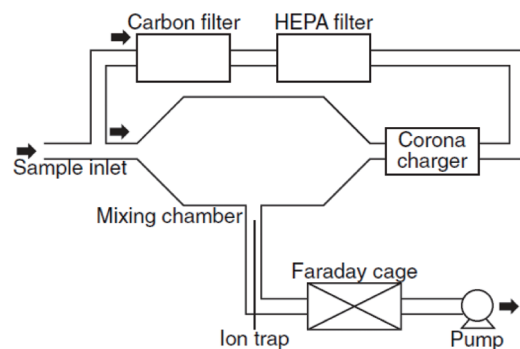


Figure 5 Configuration of diffusion charger Sensor

### OBS-ONE-PMモジュールの構成

PM計測の従来法であるフィルタ重量法は、バッチ測定法であるため、先に述べたNTE法など実路走行試験にそのまま適用するのは難しい。OBS-ONE-PMでは、すべてのNTEイベント又は実路走行試験全体でフィルタ捕集されたPM質量でPMセンサを校正することで、PMの瞬時排出量をリアルタイムに測定できる<sup>[7]</sup>。

Figure 4に、OBS-ONE-PMの構成を示す。希釈排ガスをフィルタに捕集するとともに、その一部を拡散荷電センサ(DCS: Diffusion Charger Sensor)にサンプリングし、リアルタイムのPM濃度を測定する。Figure 5に、DCSの構成を示す。DCSは、PMの質量濃度を直接測定するセンサではないため<sup>[8]</sup>、試験毎にフィルタで捕集されたPMの質量によって校正する必要がある。DCSの指示値 $c_{DCS}(t)$  [mm/cm<sup>3</sup>]を質量濃度に変換する係数 $k_c$  [g/mm<sup>3</sup>]は、Equation 3で求められる<sup>[9]</sup>。

$$k_c = \frac{M_{PM}}{\int_0^{t_t} q_f(t) \cdot c_{DCS}(t) dt}$$

..... (3)

ただし、 $t_t$  [s]はPMをフィルタに捕集した時間、 $M_{PM}$  [g]はフィルタに捕集されたPMの質量、 $q_f(t)$  [L/min]はPM捕集フィルタを通過する希釈排ガスの瞬時流量である。この換算係数を使えば、排ガス中のリアルタイムのPM瞬時排出量 $m_{PM}(t)$  [g/s]がEquation 4で得られる。

Table 3 Specifications of PEMS PM



| Model                | OBS-ONE-PM  |
|----------------------|---|
| Exterior             |              |
| Measurable comp.     | Particulate matter  |
| Detection method     | Gravimetric filter and diffusion charger sensor   |
| Dilution control     | Partial flow dilution method<br>- Proportional sampling<br>- Constant dilution ratio sampling |
| Diluted exhaust flow | 15 L/min  |
| Power consumption    | Apr. 250 W<br>(with 6 m heated transfer tube)   |
| Dimension [mm]       | 350 (W) × 470 (D) × 460 (H)   |
| Weight               | Apr. 45 kg  |

Table 4 Specifications of PEMS PN

| Model                               | OBS-ONE-PN  |
|-------------------------------------|---|
| Exterior                            |  |
| Measurable comp.                    | non-volatile particle number  |
| Detection method                    | Condensation particle counter   |
| Response time (t <sub>10-90</sub> ) | < 3.5 s   |
| Delay time                          | < 5.0 s   |
| Total dilution factor               | 100 (primary: 10, secondary: 10)  |
| Power consumption                   | Apr. 150 W<br>(with 0.75 m heated transfer tube)                                    |
| Dimension [mm]                      | 350 (W) × 470 (D) × 225 (H)   |
| Weight                              | Apr. 20 kg  |

$$m_{PM}(t) = k_c \frac{\int_0^{t_t} q_{mew}(t) dt}{\int_0^{t_t} q_{mdew}(t) dt - \int_0^{t_t} q_{mdw}(t) dt} \times \frac{1000}{60} c_{DCS}(t) \cdot q_{mdew}(t) \quad (4)$$

ここで、 $q_{mew}(t)$  [L/min]は瞬時排ガス流量、 $q_{mdew}(t)$  [L/min]は瞬時希釈排ガス流量、 $q_{mdw}(t)$  [L/min]は瞬時希釈空気流量である。PMの瞬時排出量がわかれば、任意の区間におけるPMの排出量を算出することが可能で、NTE法やMAW法に容易に適用できる。

Table 3に、OBS-ONE-PMの仕様を示す。車載分析計として以上のような高機能が要求される一方、ガス分析計と同様に、小型化、低消費電力化と搭載の容易さも重要である。

### OBS-ONE-PNモジュールの構成

EUでは、2011年9月から、シャシダイナモメータ上やエンジンダイナモメータ上で実施する排ガス試験に対して、PN規制を段階的に導入してきた。PN規制では、周囲環境や希釈条件に大きく影響される揮発性粒子を除去する試験法が採用されている。PN計測法は、PM計測法と比較して、より高感度という特長がある<sup>[10]</sup>。

OBS-ONE-PNは、RDE試験におけるPN濃度を計測するためのユニットである。Table 4に、OBS-ONE-PNの主な仕様を示す。

Figure 6にOBS-ONE-PNの構成を示す。装置は主に一次希釈器、加熱触媒管(CS: Catalytic Stripper)、二次希釈器及び凝縮粒子カウンタ(CPC: Condensation

Particle Counter)の4つの機能で構成されている。

一次希釈器にはテールパイプ直後で排ガスを希釈する目的があり、高温の排ガスをすぐに希釈冷却することで熱泳動による粒子損失を軽減する<sup>[11]</sup>とともに、結露を防止する。ループ希釈方式を採用しており、一次希釈器出口のガスを除湿して希釈ガスとして再利用する。希釈ガス中の粒子はHEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルタで除去される。希釈率(DF: Dilution Factor)の精度を犠牲にすることなく、流量を測定するポイントを減らし、構造を簡略化することに成功した。

CSは、揮発性粒子の主成分である炭化水素を酸化除去する機能を持つ。再凝縮しやすいサルフェートも吸着する効果がある。RDE試験におけるPN計測では、定置型のPN計測システムと比べ、排ガスを低DF設定で測定することになる。そのため、より能動的に揮発性粒子を除去できる機構として、このCSを採用している。

二次希釈器には、粒子数濃度をCPCで測定するのに適した範囲に調整する目的がある。単純な構造にすることで小型化に貢献している。

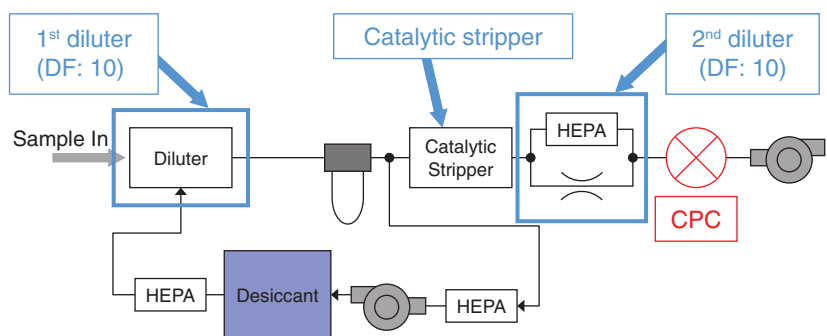


Figure 6 Configuration of PEMS PN



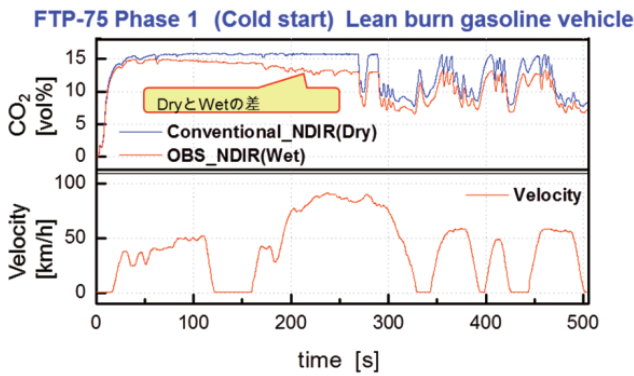


Figure 7 Comparison of CO<sub>2</sub> measurement by heated and cold NDIR during engine warmup

CPCは、粒子で散乱されたレーザパルスをカウントする手法で、詳細は既報のとおりである<sup>[12]</sup>。なお、PNの検出原理としてDCSも認められる予定であるが、検出効率に粒子径依存性があるため、CPCがより適した手法と考えられる<sup>[13]</sup>。

## 基本性能の検証

### OBS-ONE-GSの性能

#### 加熱分析計採用の効果

Figure 7に、OBS-ONEシリーズに使用している加熱型CO<sub>2</sub>計(Wet計測)と定置型分析計に使用している非加熱型CO<sub>2</sub>計(Dry計測)の比較を示す。試験では、コールドスタートの条件で車両を走行し、CO<sub>2</sub>を連続計測した。排気系の温度が上昇するまでは、排気系における凝縮により、サンプルポイントにおけるH<sub>2</sub>O濃度は低い。その後時間経過とともに排気系の温度が上昇して、エンジン燃焼に伴う高濃度のH<sub>2</sub>Oがサンプルポイントまで到達する。このH<sub>2</sub>O濃度変化によりCO<sub>2</sub>濃度が変化する。Wet計測では、正確にこの挙動をとらえていることが確認できる。

#### CLDの水分クエンチ補正

CLDでは、サンプルガス中に水分が含まれると、検出部での発光が抑制されるクエンチング現象が起きる。OBS-ONE-GSでは、NDIRで検出したH<sub>2</sub>O濃度を使って補正することで、このクエンチングの影響を軽減している。Table 5に、クエンチング補正の効果を示す。CLDの検出値に対して補正を加えることで、測定精度が向上することがわかる。

Table 5 Quenching correction of CLD

| Test Engine     | CLD Error Caused by CO <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> O Quenching |                   | Sample Condition      |                        |
|-----------------|--|-------------------|-----------------------|------------------------|
|                 | Without Compensation   | With Compensation | CO <sub>2</sub> Conc. | H <sub>2</sub> O Conc. |
| Gasoline Engine | -3.7%  | -0.2%             | 13.4 vol%             | 12.6 vol%              |
| Diesel Engine   | -2.4%  | -0.2%             | 9.0 vol%              | 8.0 vol%               |

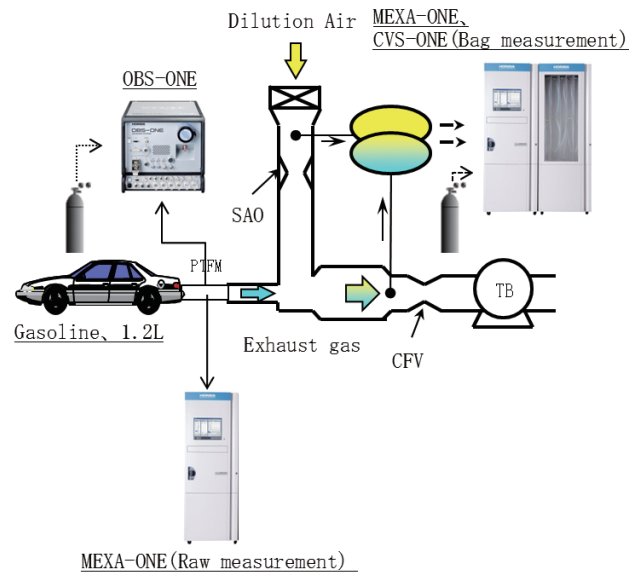


Figure 8 Measurement Scheme

### CVS法との相関

OBS-ONE-GSの実ガスの測定精度を、マスエミッション測定標準である定容量試料採取(CVS: Constant Volume Sampling)法との比較により検証した。Figure 8に、試験に用いた計測システムを示す。検証には、小型車排ガス試験の世界技術規則に定められているWLTC (Worldwide Light-duty Test Cycles)、およびEUの排ガス規制の現行試験サイクルであるNEDC (New European Driving Cycle)を用いた。

Table 6に計測したCO<sub>2</sub>、COとNO<sub>x</sub>の排出率[g/km]を示す。CVS法を基準としたOBS-ONE-GSのCO<sub>2</sub>相対誤差は±10%以内に収まっており、良い相関が確認された。また、COとNO<sub>x</sub>も、排出量自体が低いことを考慮すれば、良好な結果といえる。

Figure 9に、COおよびNO<sub>x</sub>のWLTC走行時のリアルタイム排ガス濃度を示す。OBS-ONE-GSとの比較には、定置型ダイレクト測定分析計(MEXA-ONE)を使用した。いずれの成分も、MEXA-ONEに対して良好な追従性と相関を示すことが確認された。

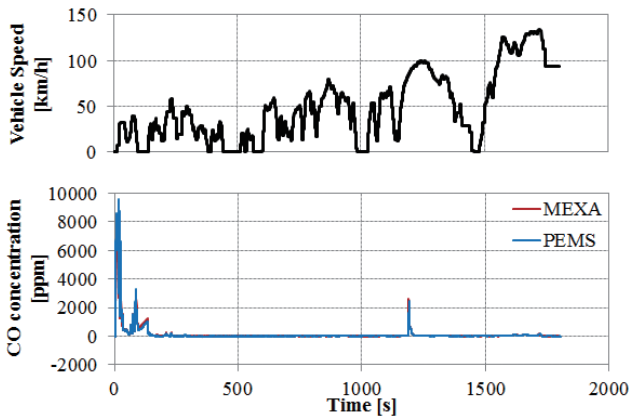
### OBS-ONE-PMの性能

#### 流量計の直線性と希釈比の精度

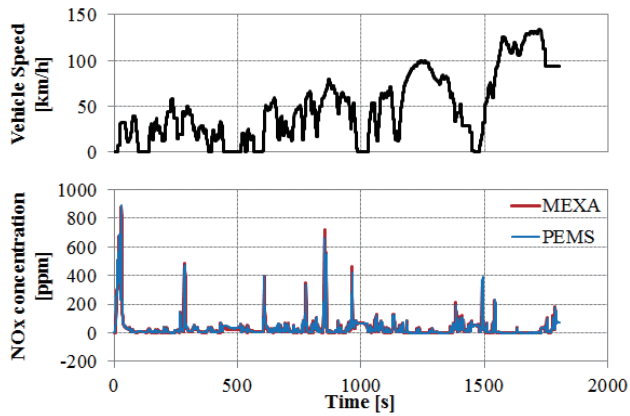
流量計の精度はPMサンプラにとって重要である。OBS-ONE-PMには3つの流量計があり、それぞれの直線性を検

Table 6 Comparison with CVS method

| Test cycle | OBS-ONE                |           |                        | CVS/MEXA               |           |                        |
|------------|------------------------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|------------------------|
|            | CO <sub>2</sub> [g/km] | CO [g/km] | NO <sub>x</sub> [g/km] | CO <sub>2</sub> [g/km] | CO [g/km] | NO <sub>x</sub> [g/km] |
| WLTC       | 121.3                  | 0.099     | 0.037                  | 125.5                  | 0.092     | 0.031                  |
| NEDC       | 128.6                  | 0.146     | 0.014                  | 129.6                  | 0.155     | 0.012                  |



(a) Comparison in CO concentrations



(b) Comparison in NOx concentrations

Figure 9 Real-time concentrations in WLTC

証した。Figure 10に、基準流量計と各流量計を比較した結果を示す。各流量計の測定精度は良好であった。OBS-ONE-PMは独自に流量計間の相対差を最小化する校正機能を搭載しており、希釈比精度を高く維持できる特徴がある。Figure 11に、希釈前後のCO<sub>2</sub>濃度で希釈比を検証した結果を示す。理論的に、希釈比設定が大きくなるほど希釈比誤差も大きくなる傾向が知られている<sup>[8]</sup>が、高希釈比においても依然として実用可能な性能が確認された。

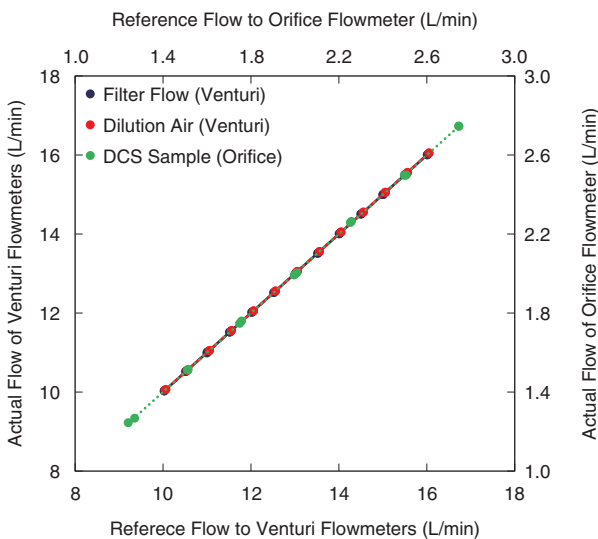


Figure 10 Linearity of flowmeters

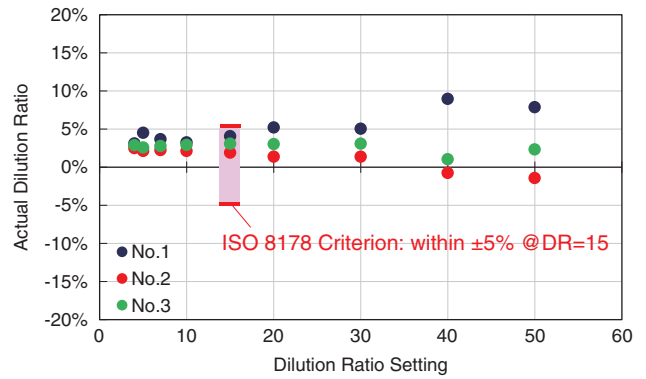
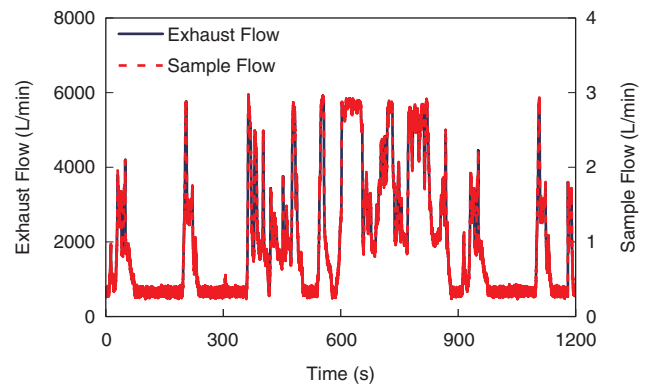


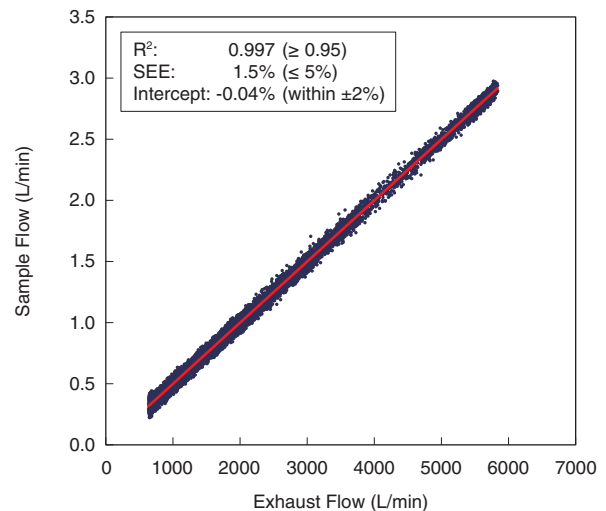
Figure 11 Dilution ratio verification by CO<sub>2</sub> concentration

### サンプル流量の排ガス流量への比例性

実走行条件では、道路状況に応じて排ガス流量が大きく変化する。OBS-ONE-PMは比例サンプリングを基本としており、排ガス流量の変化に対する追従性も重要である。Figure 12に、OBS-ONE-PMのサンプル流量の排ガス流量に対する比例性を評価した結果を示す。試験では、北米のFTP (Federal Test Procedure) heavy-duty transient cycleをエンジンダイナモメータ上で運転した。排ガス流量とサンプル流量の比例性が良好であり、流量制御の精度だけでなく、応答も十分に速いことが示された。



(a) Flow during FTP heavy-duty transient test cycle



(b) Proportionality of sample flow against exhaust flow

Figure 12 Dilution ratio verification by CO<sub>2</sub> concentration

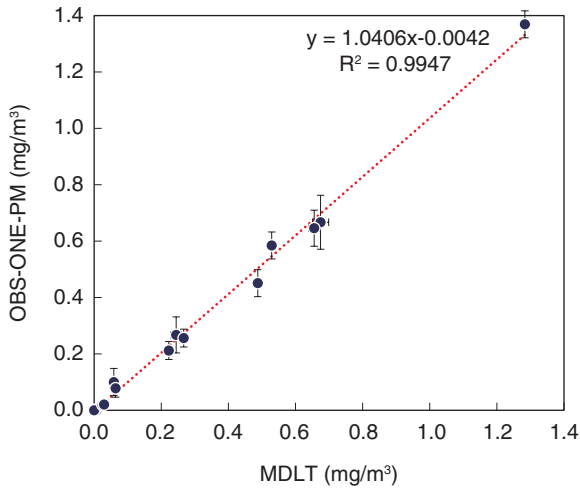


Figure 13 Correlation with stationary sampling system

### 認証試験設備との相関

Figure 13に、認証試験に用いられる定置型の分流希釈システム(“MDLT(mg/m<sup>3</sup>)”)とOBS-ONE-PM(“OBS-ONE-PM(mg/m<sup>3</sup>)”)でエンジン排ガス中のPMを計測した結果を示す。決定係数0.9947と、良い相関が得られた。PM濃度の測定結果もほぼ同等であった。

### OBS-ONE-PNの性能

#### 揮発性粒子除去効率

PN計測において、揮発性粒子の除去効率は測定精度を維持するために重要であるため、システムの除去能力を検証した。揮発性粒子としてテトラコンタンを使用した。通常の30 nmの粒子に加えて、より除去することが難しい高濃度の大きな粒子(50 nm)でも検証した。Figure 14に、検証結果を示す。すべての条件においてほぼ100%の除去性能が得られ、CSの酸化作用の効果が高いことが示された。

### 定置型分析計との相関

Figure 15に、エンジン排ガスをサンプルとした、定置型ダイレクトPN分析計(MEXA-2300SPCS)との比較結果を示す。実排ガスにおいても、定置型PN分析計として実績ある装置と良い相関が確認された。なお、CPC方式のPEMS PN

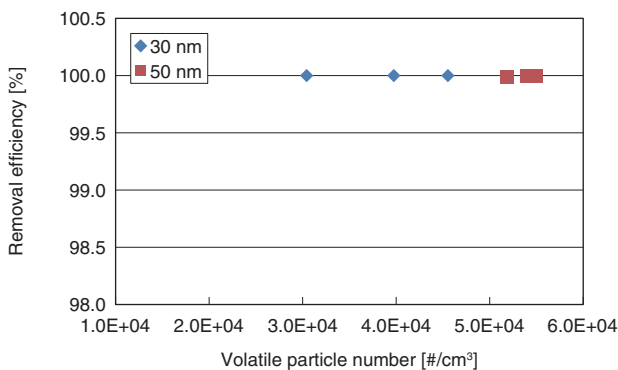


Figure 14 Volatile particle removal efficiency

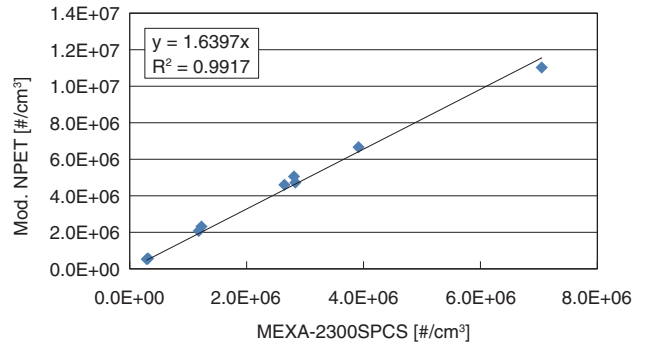


Figure 15 Correlation with stationary PN analyzer

が認証設備との良好な相関を示すことは、公的機関からも報告されている<sup>[14]</sup>。

## 実走行エミッション(RDE)試験の例

以下に、OBS-ONEを用いたRDE試験の例を紹介する。

### OBS-ONE-GSの計測例

OBS-ONE-GSをディーゼル車両(2.2 L, 4気筒)に搭載し、コールド状態から走行を開始して、その際のNOとNO<sub>x</sub>の濃度、およびその差分としてのNO<sub>2</sub>濃度を測定した。Figure 16, Figure 17に、テールパイプの排ガス温度とNO<sub>x</sub>に占めるNO<sub>2</sub>の比率の変化をそれぞれ示す。市街地で

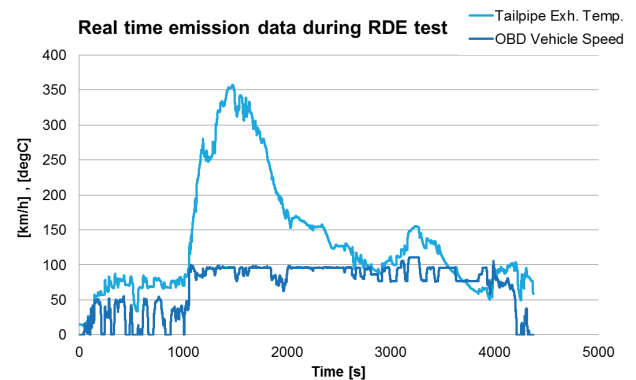


Figure 16 Exhaust temperature during RDE test

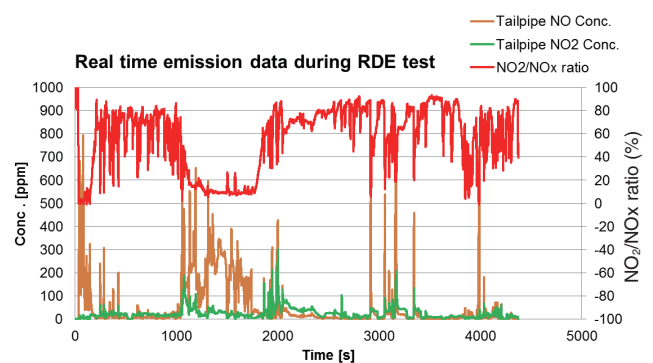


Figure 17 NO and NO<sub>2</sub> emissions during RDE test

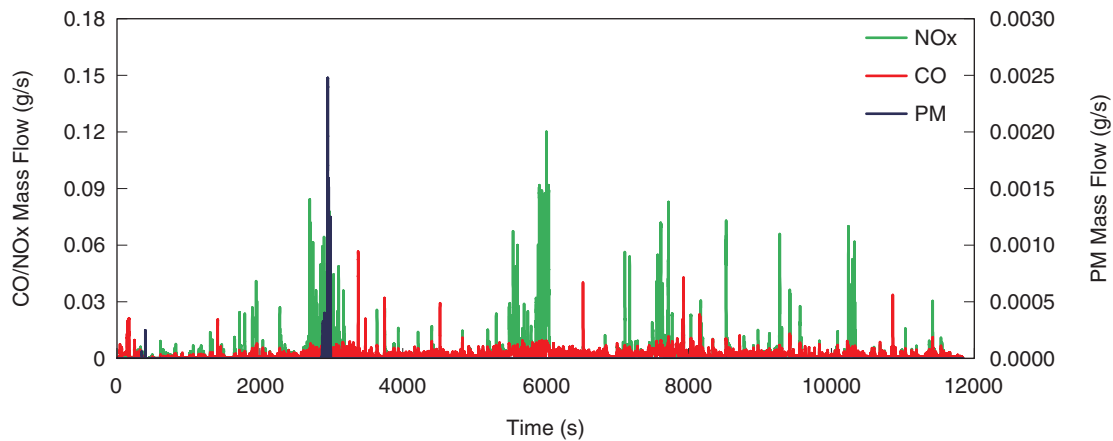


Figure 18 Gaseous and particulate emissions during RDE test

は、エンジン及び排気系の温度が上昇するに従いNO<sub>2</sub>の比率が上昇し、およそ80%で安定した。その後、高速道路を走行してさらに排ガス温度が上昇すると、NO<sub>2</sub>の比率が低下した。

### OBS-ONE-PMの計測例

Figure 18に、OBS-ONE-GSとOBS-ONE-PMを乗用車の後方トランクに搭載し、実路におけるガス成分とPMの排出量を同時測定した結果を示す。まず、測定開始後3000秒前後で、PMの排出量が上昇している。この車両にはDPF (Diesel Particulate Filter)が搭載されており、再生が起こったものと考えられる。排ガス温度の上昇も同時に観測された。この期間のガス成分の挙動をみると、NO<sub>x</sub>の排出量が増加しており、排ガス温度の上昇と関係していると考えられる。この現象はFigure 16とFigure 17の1000秒から2000秒の間でもみられ、同様にDPF再生中であったと考えられる。なお、DPFが再生していない間は、エンジンの始動直後にCOとPMの排出量の小さな上昇がみられた以外、各成分の排出量の相関は低く、PMはほとんど排出されなかった。

### おわりに

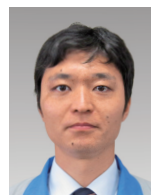
新開発の車載型排ガス計測システムであるOBS-ONEシリーズは、従来機種に比べ、大幅な小型化を実現している。同時に、希釈しない排ガスを高濃度レンジで測定する条件では、認証試験に使用される定置型分析計と同等に近い性能を持ち合わせるまでに進化した。ガス分析計OBS-ONE-GSだけでなく、PM分析計OBS-ONE-PMもまた、乗用車のRDE試験に十分適用できることが示された。また、OBS-ONEシリーズは、規制におけるガス計測のみならず、車両の開発現場にも役立つアプリケーションを目指している。たとえば、OBS-ONEによるRDE試験では、マスエミッションデータ以外に環境条件や車両の情報も得られる。これらのデータをうまく利用すれば、シャシやエンジン試験室に

おいて実路走行に近い状況を再現できる可能性がある。より検証しやすい環境の整ったこれらの試験室に実路シミュレーションを導入することで、RDE試験のフロントローディングを実現し、車両開発の効率向上に貢献できるものと期待している。



## 参考文献

- [1] US EPA, Title 40 CFR part 86-N Emission Regulations for New Otto-Cycle and Diesel Heavy-Duty Engines; Gaseous and Particle Exhaust Test Procedure
- [2] Weiss M, *et al.*, "Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with portable emission measurement systems", JRC Scientific and Technical Reports, EUR 24697 EN(2011)
- [3] European Union, COMMISSION REGULATION (EU) No 582/2011 of 25 May 2011, implementing and amending Regulation(EC)No 595/2009 of the European Parliament and of the Council with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and amending Annexes I and III to Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council
- [4] European Union, amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation(EC)No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles(Euro 5 and Euro 6) and Commission Regulation (EU) No 582/2011 as regards emissions from heavy duty vehicles (Euro VI), Including Plug-in Hybrid Vehicles, COMMISSION REGULATION(EU), No 136/2014(2014)
- [5] 青木伸太郎, 他, "CFR Part1065 対応車型排ガス計測システムの評価", 自動車技術会学術講演会前刷集, **27-06**, 11(2006)
- [6] 青木伸太郎, 他, "PEMS (Portable Emissions Measurement System)を用いた実走行条件下でのNOx排出量の挙動調査", 自動車技術会学術講演会前刷集, **55-15S**, 1308(2015)
- [7] Wei Q, *et al.*, "The On-Board PM Mass Calibration for the Real-Time PM Mass Measurement", SAE Technical Paper 2010-01-1283(2010)
- [8] Park K, *et al.*, "Structural Properties of Diesel Exhaust Particles Measured by Transmission Electron Microscopy (TEM): Relationship to Particle Mass and Mobility", *Aerosol Sci. Technol.*, **38**, 881(2016)
- [9] Otsuki Y, *et al.*, "Optimized On-Board PM Analyzer Consisting of Real-Time Diffusion Charger Sensor and Particulate Sampler", SAE Technical Paper 2016-01-0993(2016)
- [10] Otsuki Y, *et al.*, "The methodologies and instruments of vehicle particulate emission measurement for current and future legislative regulations", *Meas. Sci. Technol.*, **26**, 092002(2015)
- [11] Otsuki Y, *et al.*, "Evaluation of Exhaust Particle Emissions from a DI Diesel Engine Using a Solid Particle Counting System with Direct Sampling Unit", SAE Technical Paper 2011-01-2057(2011)
- [12] 日下竹史, 他, "連続固体粒子数計測装置MEXA-1000SPCS", *Readout*, **34**, 50(2009)
- [13] Otsuki Y, *et al.*, "Applicability of Diffusion Charger Sensor to Portable Emission Measurement System", SAE Technical Paper 2015-01-1994(2015)
- [14] Giechaskiel B, *et al.*, "Feasibility study on the extension of the Real Driving Emissions (RDE) procedure to Particle Number (PN): Chassis dynamometer evaluation of portable emission measurement systems (PEMS) to measure particle number (PN) concentration: Phase II, JRC Scientific and Technical Reports, EUR 27451 EN(2015)



## 大槻 喜則

Yoshinori OTSUKI

株式会社 堀場製作所  
開発本部 第1製品開発センター  
自動車計測開発部



## 青木 伸太郎

Shintaro AOKI

株式会社 堀場製作所  
開発本部 第1製品開発センター  
自動車計測開発部



## 近藤 謙次

Kenji KONDO

株式会社 堀場製作所  
開発本部 第1製品開発センター  
自動車計測開発部