実路走行時のガソリン車からのアンモニア排出挙動の解析および小型PEMSを用いたリアルワールドエミッションの解析*

Analysis of NH_3 Emission Behavior from Gasoline Vehicles during Actual Road Driving and Real-World Emissions Analysis Using Small PEMS

佐藤　進[1)]
Susumu Sato

In recent years, NH_3 emissions generated in the three-way catalyst (TWC) have become a problem. Previous studies have shown that NH_3 emissions are higher under fuel-rich conditions, suggesting that differences in driving behavior have a significant impact on NH_3 emissions in real-world driving. In this study, driving tests were conducted on a direct-injection gasoline vehicle equipped with TWC and PEMS and SEMS to investigate the real-world NH_3 emissions on actual roads. Two drivers were used to analyzing the effects of different driving behaviors on NH_3 emissions. The necessity of on-road driving test method using a small PEMS will be discussed.

KEY WORDS　Environment・Energy・Resources, Emissions/Emission Gas
NH_3, Real-world Emission, On-board Emission Measurement D2

1 はじめに

三元触媒は量論混合比で運転する火花点火エンジンを搭載した車両に搭載されており，窒素酸化物（以下，NO_x），一酸化炭素（以下，CO），炭化水素（以下，HC）を同時に浄化することができる．長年にわたって使われている排気後処理システムであるが，使われる貴金属量の削減や，熱劣化に対する耐性の向上が課題である．熱劣化時の触媒表面反応の変化は不明な点が多く，酸素吸蔵能の計測によりその反応プロセスを可視化する研究も実施されている[(1)]．

三元触媒には，もう一つ大きな課題がある．それはアンモニア（NH_3）の発生である[(2)–(7)]．EURO 7では，NH_3も実路走行排出ガス規制，いわゆるRDE（Real Driving Emissions）規制の対象の一つとして議論されてきた経緯があり，その排出量削減が求められている[(8)]．これまでの研究で，リッチ条件下ではNH_3排出量が多くなることが明らかになっており[(4)(5)]，さまざまな走行環境を含む実走行では，運転挙動の違いがNH_3排出量に大きく影響することが示唆されている．

横山らは，シャシダイナモメータ試験において，三元触媒におけるNH_3排出挙動について調査し，触媒反応シミュレーションの結果と併せて，その排出メカニズムについて調査している[(6)]．その結果では，三元触媒の酸素吸蔵能が大きくNH_3排出に関係していることが明らかになっている．これまでリグ試験機，エンジン単体試験，シャシダイナモメータ上での車両試験でNH_3排出に関する調査が行われてきたが，実路走行時のNH_3排出挙動を調査した研究はほとんどない．

われわれの研究グループは，以前の研究においてSensor-based Emission Measurement System（SEMS）を用いて，ガソリン乗用車の実路におけるNH_3排出挙動を調査した[(7)]．その結果から，リッチ条件下においてNH_3が排出されることが明らかになった．しかしそのNH_3の生成反応は，COの存在が影響を及ぼしている可能性があることから，実路走行時のNH_3排出とCO排出の関係性を調べる必要がある．そこで本研究では，三元触媒を搭載した直噴ガソリン車とPortable Emission Measurement System（以下，PEMS），Sensor-based Emission Measurement System（以下，SEMS）を用いて走行試験を行い，実路走行条件におけるNH_3排出挙動とCO排出挙動の関係を明らかにしたうえで，2人のドライバによる実路走行試験の結果を基に，運転挙動の違いがNH_3排出量に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている．本稿では，その解析結果を紹介し，現在実施している小型PEMSとNO_xセンサを組み合わせた計測について紹介する．

* [illegible]
[illegible]

2 実験方法および解析方法

2.1 試験車両

試験車両は2014年モデルの，5ドアの5人乗りであり，4気筒直噴ガソリンエンジンを搭載する，日本の2009年排出ガス規制に適合しており，後処理装置として三元触媒を搭載する，試験車両の仕様を表1に示す．

2.2 計測装置，NO_x排出濃度計算方法

図1に計測装置の概要を示す．本研究ではPEMSとSEMSによる同時計測を実施した．PEMSとして触媒動作用電源(NEO-ONE, SEMS)として日本防衛電装のNCEM[TM]に一酸化窒素（以下，NO）センサを組み合わせたものを使用した．PEMSでは，NO_x，CO，二酸化炭素（以下，CO_2）濃度，排出ガス流量，車速・時間，車両周辺環境温湿度を計測した．また車両自己診断（On-Board Diagnostics，以下，OBD）ポートを通じてエンジン・車両パラメータを取得した．

SEMSではNO_xセンサによるNO_x濃度，PM（PN）センサを用いて粒子状物質（以下，PM）質量濃度，粒子数（以下，PN）濃度を計測した．NO_xセンサで検出されるNO_x濃度は，その原理上，NO_2もNO_xとして検出してしまう．田中らは，NO_xセンサに加えて，定電位式NOセンサを用いることで，NO_xセンサの検出値からNO濃度を差し引いたうえで感度補正することでNO_x濃度を計測する手法を開発した[(10)]．本研究ではこの手法を採用し，式(1)によりNO_x排出濃度を算出した．

$$C_{NOx} = C_{NOx} - \frac{C_{NO}}{k} \qquad (1)$$

ここで，C_{NOx}：NO_x濃度（ppm），C_{NOx}：NO_xセンサ検出濃度（ppm），C_{NO}：NOセンサ検出濃度（ppm），k：感度補正係数．

なお，NO_xセンサの計測には二酸化窒素（以下，NO_2）も含まれるが，本試験車両におけるNO_2排出量はごくわずかであり，無視できることを確認済みである[(10)]．

2.3 排出質量測定方法

PEMSでは，排出ガス流量をリアルタイムで取得するためにピトー管が備わっているが，低流量域における排出ガス流量計測精度は低い．そこで，PEMSのピトー管で計測された排出ガス流量

表1　試験車両諸元

Engine Type	Direct injection Gasoline
Riding capacity〔people〕	5
Displacement〔L〕	1.6
Aftertreatment system	TWC
Vehicle weight〔kg〕	1,560
Model year〔y〕	2014
Emission regulation	Japanese 2009 regulation

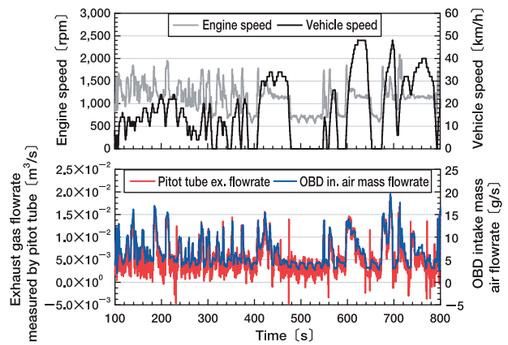

図2　PEMS搭載ピトー管で計測された排出ガス流量とOBDで取得された吸入空気流量の比較

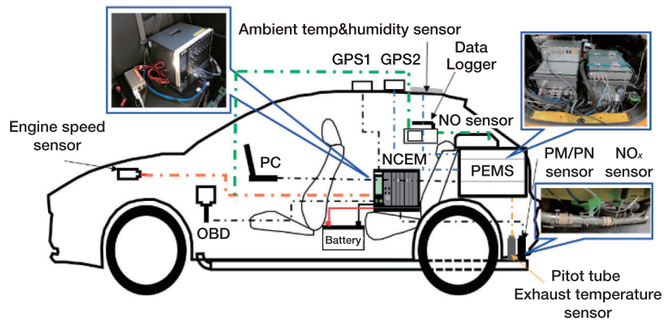

図1　試験車両システム図