

窒素酸化物及び粒子状物質に係る排出ガス診断装置の実用性に関する調査

株式会社 堀場製作所

窒素酸化物及び粒子状物質に係る排出ガス診断装置の実用性に関する調査

株式会社堀場製作所

【調査の目的】

大都市圏における自動車からの窒素酸化物（NO_x）及び粒子状物質（PM）による大気汚染の状況は改善傾向にあるものの、大都市域、特に都内および周辺においては依然深刻な状況にある。自動車からの排出ガス低減対策として中央環境審議会「今後の自動車排出ガス提言対策のあり方について（第八次答申）」にあるとおり、ディーゼル自動車の排出ガス低減対策（09年目標）各種の規制および目標値と達成時期が示されている。このため、目標を達成すべく自動車からの大気汚染物質排出測定が各所で行われている。従来、これらの排出測定については室内実験においてシャーシダイナモ・エンジンダイナモ上でモード試験条件により行われている。また、実際の市街地においては道路勾配・外気温等、実験室とは異なる環境条件であるためモード試験結果を適用することは実走行状態と乖離し、実走行環境下での排出ガス診断が必要不可欠である。このため、中央環境審議会の答申には、ディーゼル自動車の高度な車載診断（OBD）システムについてその内容を含め今後検討が必要であるとしている。一方で、実走行状態で排出ガス測定が可能な車載型排出ガス測定装置は、定常モード試験で採用されている測定原理との同一性を維持して車載型としており、測定装置の大きさ、重量などは車両を選ばずに設置するまでには至っていないのが現状である。このため小型、軽量で、容易に車載可能となる測定方法を調査検討し、道路沿道における大気汚染の改善が進まない大都市周辺地域において、自動車が過度に汚染物質を排出する状況を把握できる小型簡易な排出ガス診断装置実用化の可能性検討が必要である。

本調査では実走行下における自動車からの窒素酸化物（NO_x）及び粒子状物質（PM）等の排出をディーゼル車のテールパイプに装着するノンサンプリング排出ガス診断装置の実用性に関する調査研究の結果を報告する。

【調査の概要】

平成19年度は最終年度として、初年度および2年度の調査研究で実施したPM計測法の研究、半導体赤外光源を用いたNDIR法によるCO₂計測、ならびにNOの紫外域吸収を利用したNDUV法、およびこれらの計測原理をオープンパス法として構成したコンパクトな多成分計測光学系を設計試作し、実際の車両のテールパイプに実装し実走行による診断性能の評価を行った。

（1）小型簡易車載排ガス診断装置の構成検討と試作

可能な限り小型化できる装置を念頭に構成を検討した。サンプリング装置の不要なノンサンプリングを念頭に置いたが、軽量とするため、計測ユニットをテールパ

イプ装着部(光学セル)と多成分計測光学系に2分割とした。テールパイプ装着ユニットは必要最小限の測定成分光学セルと、PM粒子による光学窓汚染対策用エアブローおよび排ガス流量検知用ピトー管等を配置。多成分光学系は電気回路および排ガス流量検出用差圧センサを配置。昨年度までに検討したNOおよびPM計測手用光源をXeフラッシュランプに一本化し、軽量化を図り装置の試作を実施した。

(2) 小型簡易車載排ガス診断装置の基本性能評価

試作した装置は標準ガスを用いて実験室において机上実験評価をおこなった。UV光を用いたNO計測の濃度信号S/Nは24ppm相当であり、実際に排出されるNO濃度ピークは200~500ppm前後と推定すると5~10%F.Sの精度で計測できる見通しを得た。CO₂計測は光源を薄膜MEMS光源に変更し、標準ガスを用いた机上実験では精度はS/Nで0.6%相当であった。

(3) シャーシダイナモを用いての計測評価

試作装置はディーゼル車のテールパイプに装着し、シャーシダイナモを用いた試験運転で性能評価を実施した。NO_xは発進⇒停止の繰り返し運転モードを作成し実験を行った。さらに、ピトー管を用いた排ガス流量計測により、PM、NOの重量演算を行い高負荷エンジン運転において大きな排出重量が試作装置で確認できること、アイドリング時にもNO濃度が高くなることなどを確認し、PM濃度およびNO重量とエンジン回転の状態の相関データを得た。

(4) 路上での排ガス計測実験による性能評価

さらに試作した計測装置をディーゼル車に装着し、市街地での路上走行排ガス計測実験を行なった。また、GPSを利用して排出ガスの排出地点を解析すると同時に、直挿型NO_x計を同時使用してNO計測性能を比較検討した。本調査研究の最大の課題である道路沿道での排ガス排出量の把握可能性については、交差点での車両の停止、発進の際にNO排出状況が計測診断可能であり、局所汚染原因究明のツールとなると考えられる実験結果が得られた。

(5) 小型簡易車載排ガス診断装置の実用化に関する課題の検討

小型、簡易の排ガス診断装置の実用化の必須の手法と考えるノンサンプリング計測法では、「PMによる計測光学系の汚染対策」、テールパイプに実装するために必要な「車載時の重量及び設置簡便性」について検討した。さらに、計測診断装置の環境耐久性をさらに改善検討する必要があること、およびNO計測時のPMによる影響という、ノンサンプリング、テールパイプ装着計測特有の課題について明らかにした。

【調査の結果】

1. 小型簡易車載排ガス診断装置の構成検討と試作

PM・NO・CO₂各測定成分の簡易計測を実現するための構想検討と試作を実施した。

(1) 計測システム構成検討

昨年度までは、リアルタイム簡易計測診断の可能性調査を最大の課題として原理検証と机上実験を実施してきたが、本年は、これまでの結果をふまえて、実用化の観点から計測法について再検討をおこなった。結果を表1にまとめる。

表1 検討内容比較

	平成18年度までの検討内容	平成19年度の検討内容
PM計測	散乱光計測法	透過光計測法
NO計測	NDIR法・NDUV法	NDUV法
CO2計測	NDIR法	NDIR法
汚染対策	ポンプによる送気+整流素子	ブロワーによる送気のみ
排ガス流量	未検討	ピトー管
位置情報	未検討	GPS(緯度・経度・高度)

①PM 計測

昨年度まで LED 光源（赤色：670nm）を使用してきたが、Xe フラッシュランプとバンドパスフィルタを用いて、PM の不透過率計測に関する国際規格（排ガス不透過率測定及び光吸収係数測定用の機器（ISO11614））に準拠する波長（560nm）利用、散乱光計測法から透過光計測法に計測法を変更した。

②NO 計測

昨年度までは NDIR 法・NDUV 法二つの計測法をそれぞれ評価検討してきたが、本年度では NDUV 法を採用する事とし、テールパイプに装着した場合のオープンパス光路中に存在する PM 粒子による影響軽減のため、NO 吸収の無いリファレンス波長の信号で PM 影響補正をおこなった。

③CO2 計測

計測手法は NDIR 法のままで変更はないが、S/N 改善のため光源を LED から MEMS 薄膜点滅光源に変更した。また、干渉影響を補正のため、リファレンス光として 3.9 μ m での光も同時に計測できる光学系へ変更した。

④PM による光学系汚染対策

昨年度までは、小型ダイアフラムポンプとハニカム状の整流素子の組み合わせを検討してきたが、測定成分の追加及び車載時の設置簡便性を考慮し、ファンモータを用いたブロワーを採用し汚染対策をおこなう方法に変更した。

⑤排ガス流量・位置情報

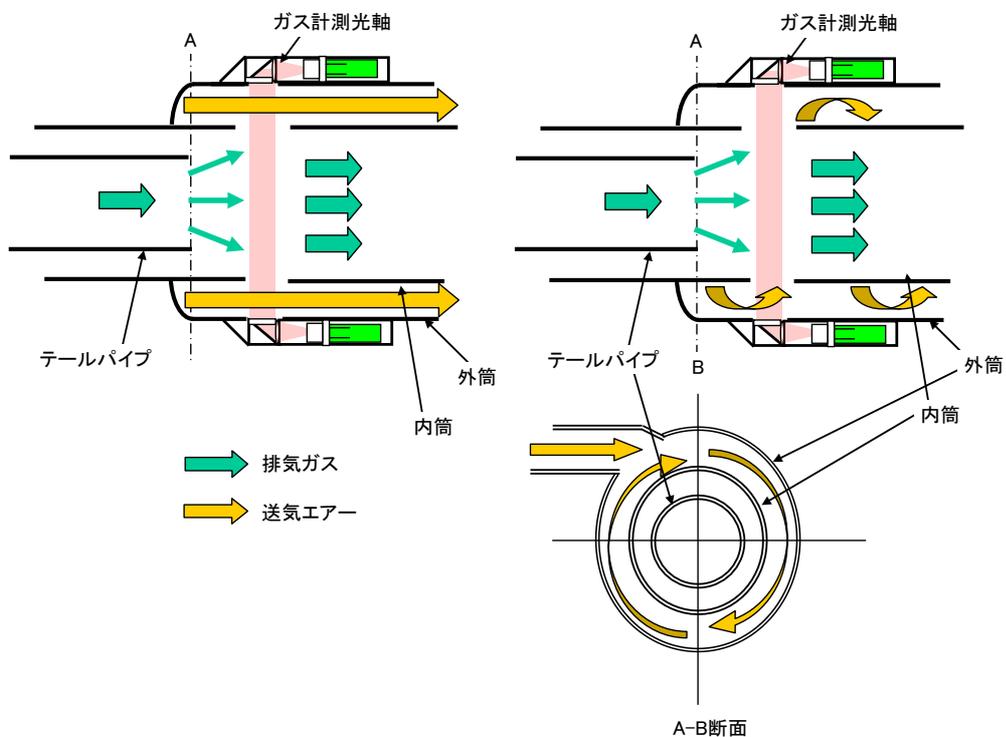
今年度は、ピトー管を用いて排ガス流の圧力を計測し、各測定成分の重量計算に使用した。また、車両の走行場所での計測成分重量の変化を求めるために必要な車両位置情報取得のため、GPS を採用し走行車速と PM 及び NO の排出量変化情報を合わせて取得し、計測データの地図マッピングデータを作成した。

(2) 粒子状物質による光学系汚染対策検討

上述のように PM による光学系汚染対策としてファンモータを採用したブロアーにより光学系汚染を防止する採用した。尚、基本構造は昨年度と同様に二重管構造を採用し、排気ガスによる計測光学系の温度上昇を防ぐ構造を採用している。

ブロアーを用いた送気による汚染防止検討（シミュレーションによる検討）

ブロアーによる光学系汚染防止概念図を図1に示す。図1（a）の排ガスの流れる方向と同軸方向に内筒と外筒との間を流す案（接線方向層流方式）と、（b）排ガスに対して 90° 方向にブロアーにて内筒と外筒の間にガスを導入する案（直行回転流方式）の 2 種類をシミュレーションにてそれぞれの汚染防止効果を検討した。その結果、接線方向にパーティクルガスを流す方式が有効であることがわかった。



(a) 接線方向層流方式

(b) 直行回転流方式

図1 ブロアーによる光学系汚染防止概念図

(3) PM 計測及び NO・CO₂ 計測システム構成検討

①Xe フラッシュランプに対するガスの吸光波長及び BPF 透過スペクトルの関係
Xe フラッシュランプの発光波長は、深紫外領域から近赤外域（200～800nm）までの広帯域である。この特性を活かし深紫外域で NO（214.5nm）、リファレンス（REF：PM による干渉補正用：239nm）、PM（550nm）を同時計測する手法を検討した。図2（a）、（b）に Xe フラッシュランプの発光スペクトルと NO・REF・

PM の BPF の透過特性及び NO 及び NO 計測時に干渉成分として想定される SO₂ のガス吸光スペクトルを示す。 NO 計測での SO₂ 干渉影響は問題ないレベルであることを昨年度確認している。また、排ガス中の PM による散乱干渉影響に関しては排出ガス成分の吸収が無い 240nm 付近を用いて補正する。PM 計測用の 550nm を用いての補正も検討したが、テールパイプ出口での PM 粒径に対する散乱特性が波長で大きく変わることを懸念し、検討対象から除外した。

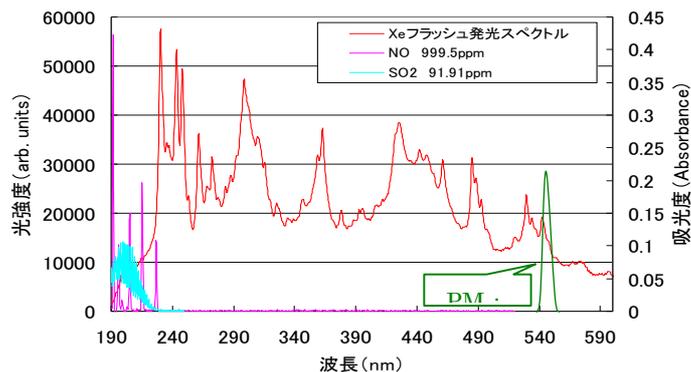


図 2 (a) Xe フラッシュランプと各測定成分ガス吸収との関係 1

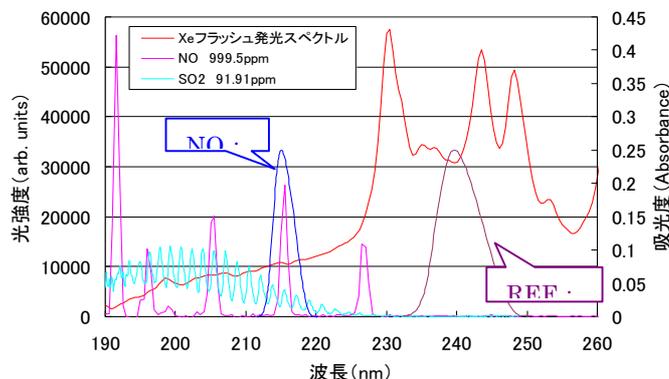


図 2 (b) Xe フラッシュランプと各測定成分ガス吸収との関係 2

②Xe フラッシュランプを用いた多成分測定光学系

PM 計測、NO 計測用多成分同時測定光学系の測定概要図を図 3 に示す。Xe フラッシュの発光を光ファイバーを用いて測定セル（テールパイプ部）まで導き、平行光線にしてテールパイプの排ガス流に照射し測定成分による吸収を受けた光信号を得る。さらに再度光ファイバーを用いて分光測定光学系まで導く。

光信号は、レンズで平行光線に広げビームスプリッターで、BPF ($\lambda=239\text{nm}$) を通してレンズで絞り、Si フォトダイオードで PM 干渉補正用信号と、BPF (λ

=214.5nm) を通した NO 計測用信号を得る。また、深紫外用 BPF が透過帯域以外の可視域の光を効率よく反射する特徴を利用し、NO 計測用 BPF 表面で反射する光を再度ビームスリッターで反射させ、この光を PM 計測用 BPF ($\lambda=550\text{nm}$) で分光し信号を得る方式を用いた。

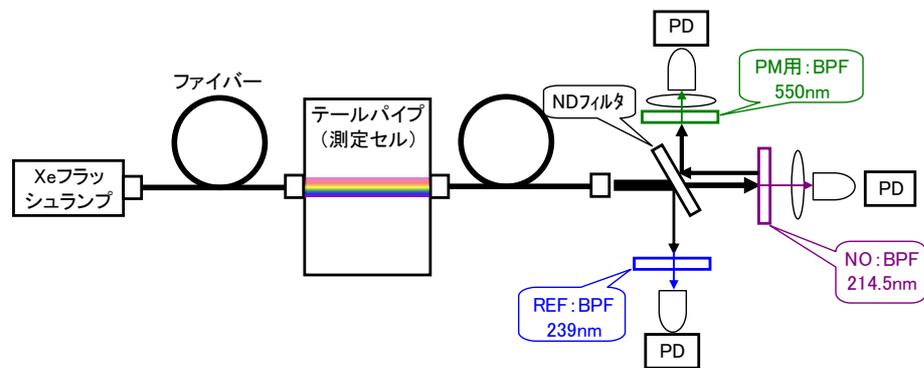


図3 多成分同時測定光学系外略図

③CO₂ 計測光学系

図4に計測概略図を示す。光源にMEMS薄膜光源を用い、検出器には中赤外域用 InAlSb フォトダイオードを用いた。また、2個の検出器を使用し、CO₂ 計測用 (4.3 μm 帯) と、PM による干渉補正用 (3.9 μm 帯) とすることで、PM による影響を受けずに CO₂ が計測可能となる。また、PD はペルチェにて温調することにより周囲温度影響を軽減させる設計とした。

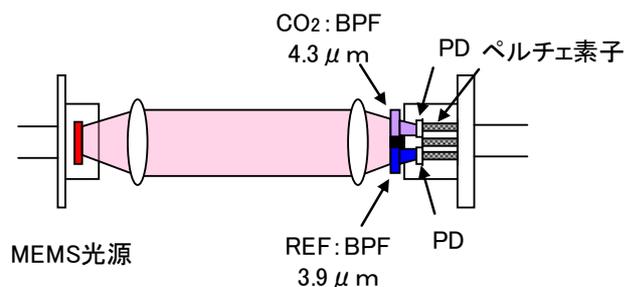


図4 CO₂ 測定系概略図

(4) 測定処理部小型簡易化検討

計測信号処理のため及び排ガス重量演算のため信号処理回路および基板設計を行った。図5 (a) に試作測定装置の概念図を示す。テールパイプ部には最小の構成要素のみからなるオープンパス方式の NDIR による CO₂ 測定系と NDUV による NO 測定系および緑色可視光による PM 計測系を設け、ピトー管と排ガス温度計測用に熱電対を設けた。測定系の電源は自動車のシガーソケットより供給している。

図5 (b) に示すようにこれらの測定データによる排気ガス重量データと別途設置した GPS からの位置情報を演算処理して走行中の位置情報付き NO、CO₂、PM の量を測定可能としている。

排気ガス流量演算には、ピトー管を用い測定回路の近傍に置かれた差圧計（±5 kPa の微差圧計、±70kpa の差圧計）と大気圧計からの電気信号、および熱電対による排ガス温度を用いて演算する。

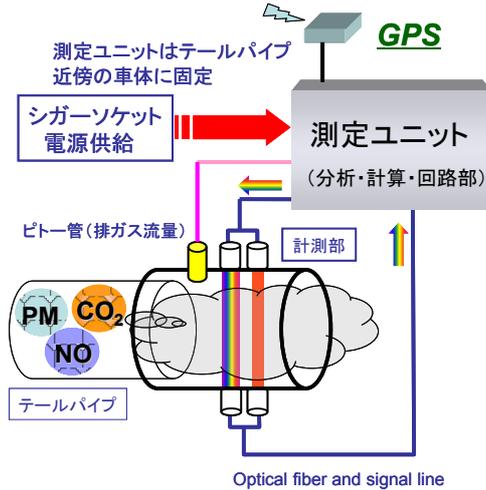


図5 (a) 試作測定装置概念図

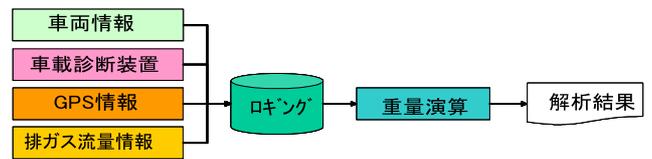


図5 (b) 測定データの流れ

(5) 小型簡易車載型ガス診断装置試作

これまで検討した計測要素をまとめて簡易ガス計測システムを設計・試作したテールパイプ取り付け計測システム及び車載部の信号処理システムに関して述べる。

①テールパイプ部の計測システム

テールパイプ部の計測システムは、PM 計測、NO、CO₂ 計測の為のオープンパス光学系、PM 汚染防止用エアパージ用ブロアー、排ガス流量計測用のピトー管及び排ガス温度計測用の熱電対から構成した。

計測装置は、テールパイプ部へ直接設置する構成で、長さ 170mm、φ110mm、重量は 2.5kg である。図6に装置の構成断面概略図及び排ガス排出側から見た装置断面図を示す。



図6 装置取り付け写真

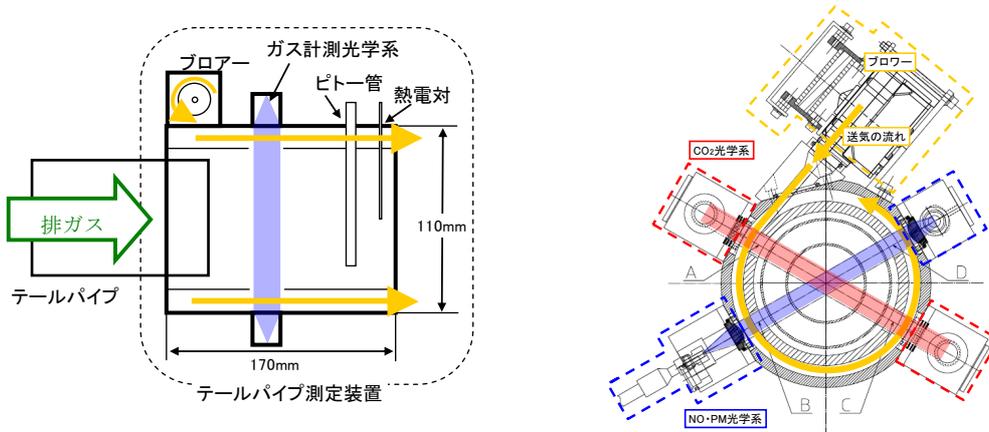


図7 測定系の取り付け構成及び光学系

次に測定光学系に関して述べる。PM計測、NO計測に関しては3章(3)項で述べたXeフラッシュランプを光源として、ファイバーを用いた光学系を採用している。図7に製作した測定装置のテールパイプ部での測定系の取り付け構成及び光学系を示す。テールパイプ部へ測定装置の取り付け易さを考慮し、ファイバーの取り付け方向をストレート型と反射型いずれの場合も出来るように両方設計し製作した。一方、CO₂計測光学系は光源及び検出器を直接テールパイプ部へ設置する方法を採用した。また、信号のS/Nを考慮し、プリアンプ部を直接検出器後方に設置した。図8に測定装置の取り付け構成及び光学系を示す。MEMS薄膜光源から出た光をレンズにて平行光線にして、計測装置を透過させ、その後ミラーにて90°反射させたのち、レンズにて集光する構成である。

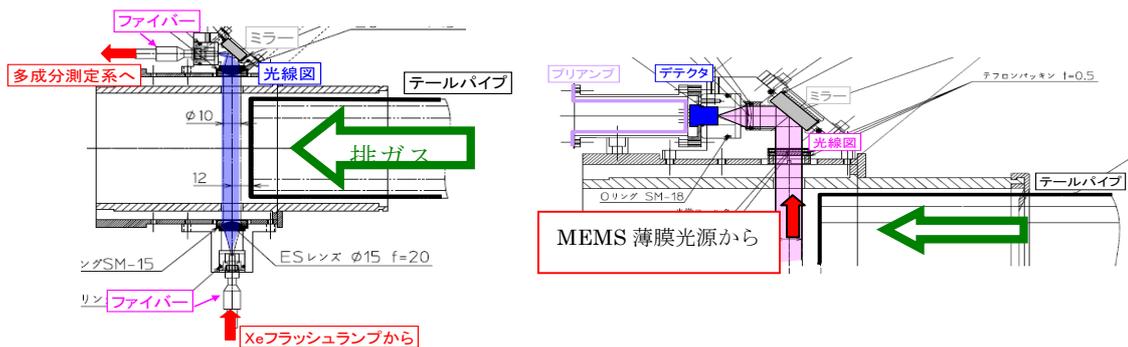


図8 測定装置のテールパイプ部取り付け構成図

②車載部の信号処理システム

計測装置の車載部分は、前述した信号処理基板、ピトー管用圧力計、Xeフラッシュランプ及び多成分測定系から構成している。その構成概略図及び写真を図9に示す。

計測装置車載部のサイズは 336mm (W) × 221mm (H) × 463mm (D) で面積は A3 より一回り大きいサイズで、重量は 13.2kg である。ケースは二階構造にしており、1 階部分にピトー管用圧力計 2 台 (差圧計、微差圧計) 及び信号処理回路のメインアンプ部、2 階部分には、Xe フラッシュランプ、多成分測定回路及びプリアンプ用回路でそれぞれ構成されている。図 3-11 (b) の構成写真図に支援すとおり、計測器全体に占める体積の割合としてピトー管用圧力計が多く全容積の 1/3 程度を占めている。多成分測定光学系に関しては、光軸調整が出来る形で設計したため大きいですが、光学系を決定すれば更にサイズダウンを図る事が可能である。 信号処理基板に関しても手組み基板での試作となったが、表面実装 IC を用いた基板で最適化すればさらに縮小可能であり、最終的には現状の半分以下の A4 サイズ程度とすることができると考える。

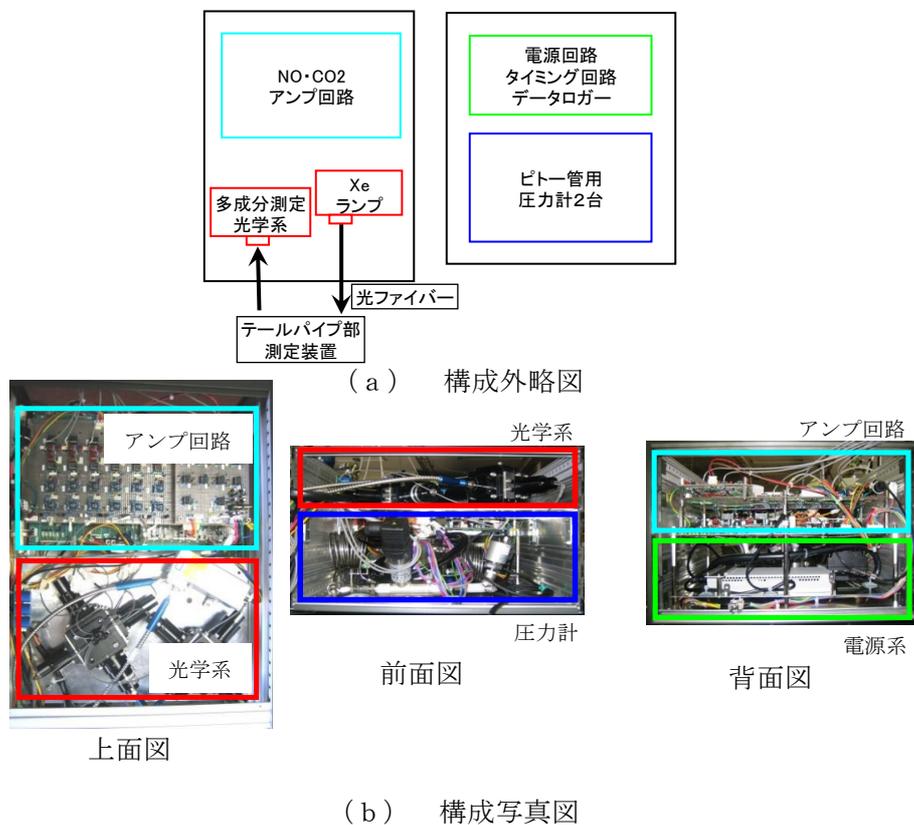


図 9 多成分測定系構成図及び写真

③信号処理ソフト

リアルタイム計測のため製作したソフトは、ガス計測データの取得選択及びグラフ表示、日付、GPS による位置情報及びガス計測データ及び排ガス流量計測の為に圧力データをリアルタイムにデータロガーより取り込み CSV ファイル方式で保存した。この CSV ファイルで取得したガス濃度、排ガス流量及び位置データを EXCEL ファイル上で計算させ必要なガス濃

度情報として利用した。

2. 試作装置の基本性能評価（机上評価）

試作した装置で NO・CO₂ の机上ガス計測実験を行ない、NO、UVREF、PM それぞれの 3 成分の信号量確認を実施した。検量線データ等は、小型簡易車載排ガス診断装置の内径に合わせた校正ユニットを用いてそれぞれ、NO 4988ppm、CO₂ 5.004%、14.91% に関して測定し、干渉確認も同時に行なった。使用した干渉ガスは、C₃H₈ 8174ppm、CO 3.073%、H₂O 22℃飽和（2.61%）、SO₂ 113ppm、NO₂ 80.7ppm である。

（1）多成分測定光学系性能評価（NO ガス計測）

NO ガス濃度 4998ppm における検量線、S/N 及び干渉影響測定を実施、ノイズレベルは 24.1ppm 相当、干渉影響は、SO₂ ガス濃度 113ppm に対し NO 濃度換算 962ppm 相当、NO₂ 濃度 80.7ppm に対し NO 濃度換算 166ppm 相当であった。その他のガス種に対して、現状の濃度レベルでは特に干渉影響は見られなかった。現状は比較的硫黄分の少ない燃料を使用しており、ディーゼル車の排ガス中の干渉成分の割合を考慮しても、SO₂ の排出濃度は数 ppm であり、本テーマでの NO 測定レンジに対しては、影響を考慮する必要が無いレベルである。一方、NO₂ については、テールパイプ付近での NO ガスと NO₂ ガス比率が 9 対 1 程度であるため影響が懸念される。

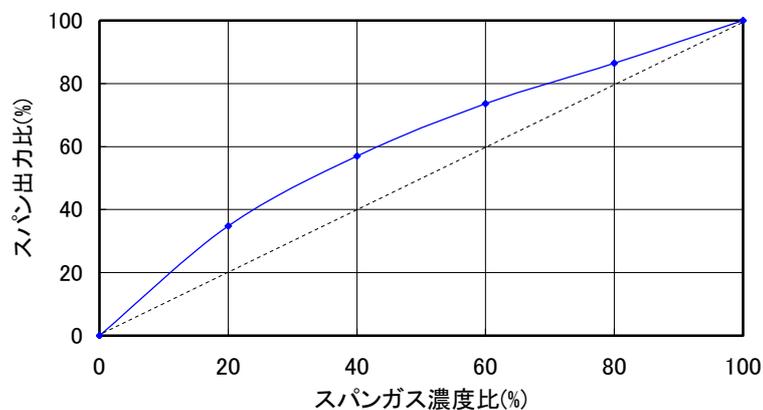


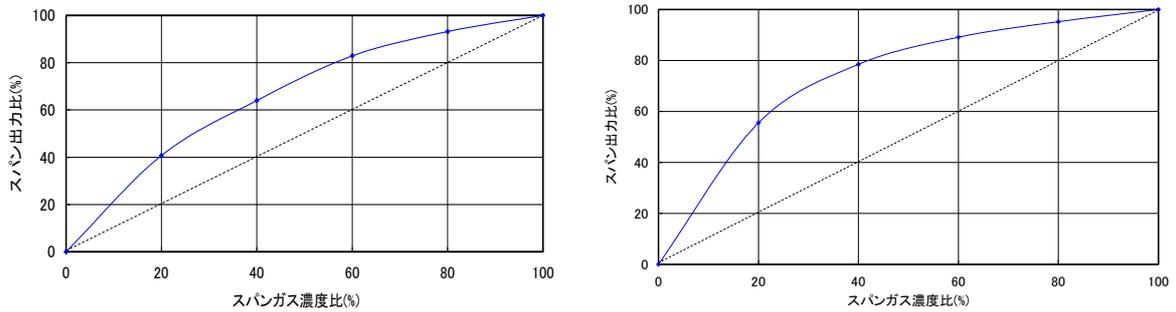
図 10 NO ガス検量線（ガス濃度 4993ppm）

（2）CO₂ 計測性能評価

上述した、MEMS 薄膜光源と、中赤外 PD を用いた NDIR 光学系を用いて CO₂ ガス濃度 5.004%、14.91% に対する検量線測定、干渉影響測定及び S/N 評価を実施した。その結果を図 11 に示す。

その結果、信号のノイズレベルは 5989ppm 相当であることがわかった。また、

干渉影響は上述したガス種いずれに対しても見られなかった。



(a) CO₂ ガス検量線(ガス濃度 5.004%) (b) CO₂ ガス検量線(ガス濃度 14.91%)

図 1 1 CO₂ ガス検量線

3. シャーシダイナモを用いての計測評価

2. で述べた小型簡易車載型排出ガス診断装置の性能を確認するために、市街路上走行テストの前にシャーシダイナモ (C/D) を用いて評価実験を行った。評価項目としては、PM 計測、NO・CO₂ 排出ガス濃度計測及び重量演算を実施した。尚、CO₂ 濃度に関しては S/N 不足のため、今回は信頼性の有るデータを取得できなかった。

(1) シャーシダイナモを用いての PM 計測

評価は車載型排出ガス診断装置をディーゼル乗用車のテールパイプに取り付け、C/D 上で走行させることによって行なった。C/D の条件は被測定車両に合わせて負荷条件を設定し計測を実施した。図 1 2 に評価時における配置を写真により示す。運転条件に関しては、事前を目視による PM 量の確認を行い、図 1 3 に示すような PM をより多く発生する運転モードにて実施した。

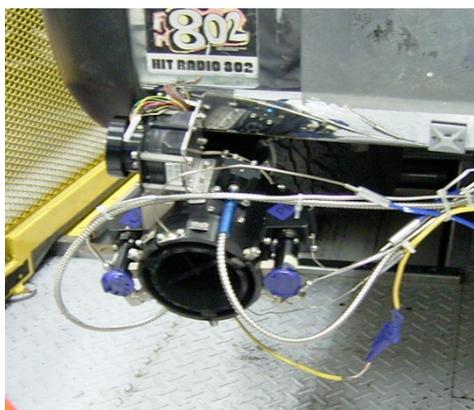


図 1 2 評価風景写真

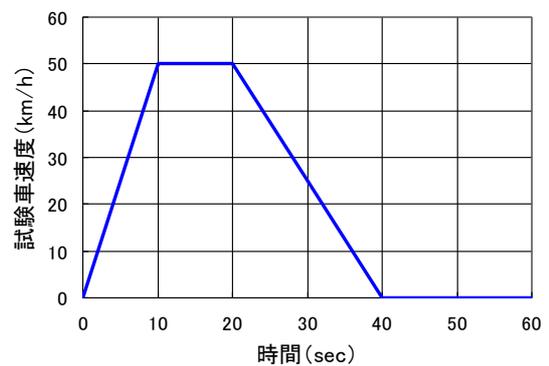


図 1 3 運転モード

上記運転モードパターンにて、繰り返し走行し、PM の排出パターンを計測した。その結果の生データの一例を図 1 4 に示す。信号に関して、信号の減衰方向

が PM による光の減衰を表している為、车速の増加と共に信号が減衰する。また、計測の 1 サイクルが 60sec のため、その期間の間に、加速、減速、アイドリングが含まれるため、このような信号が得られる。

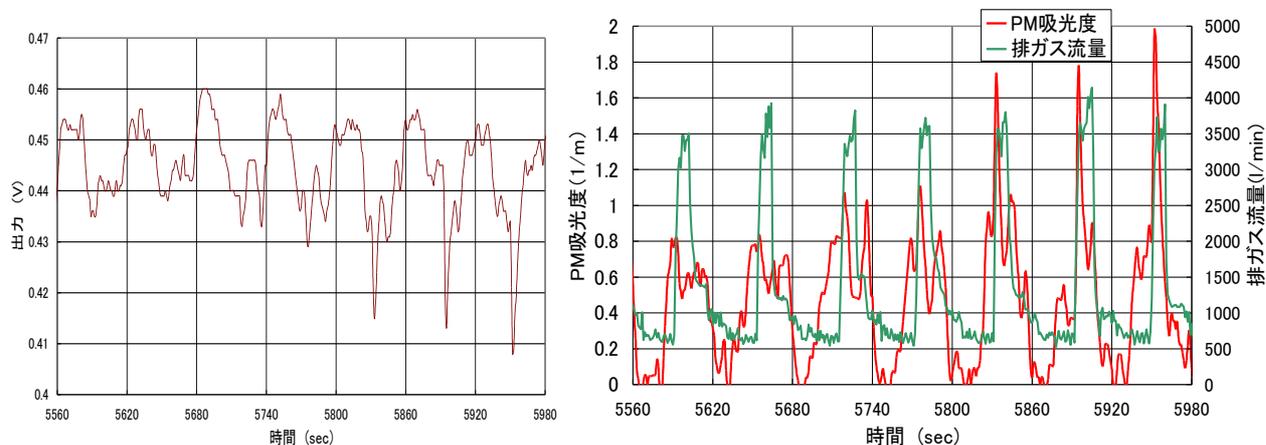


図 1 4 PM 計測信号生データおよびPM吸光度と排ガス流量

次に、PM 計測データと排ガス流量データとを比較し、それぞれの排出タイミングの相関関係を調べた。その結果を上図(右)に示す。このグラフから、排ガス流量（エンジン回転数）の上昇と共に PM 排出量（吸光度）が増え、排ガス流量の減少と共に PM 排出量も減少している様子を確認できる。信号は 60sec 毎に得て運転状況を反映しているが、排出量が測定毎に異なるのは運転者の運転操作のばらつきである。

次に、計測毎のガス排出関係詳細を確認するために 2 サイクル分の測定データをまとめ、図 1 5 に示す。

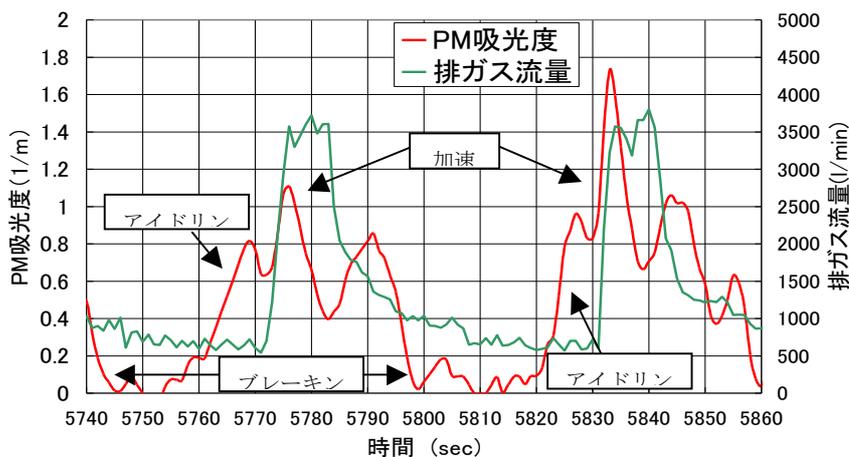


図 1 5 排ガス流量と PM 吸光度

(2) NO 計測性能評価

PM 計測信号と同時に NO ガス信号を取得しその結果を示す。信号は、NO (214.5nm) と REF (239nm) とを規格化【ゼロガス時の出力を基準とし、サンプル測定値をゼロガス測定値で割ることにより規格化】した後、NO から REF 信号を割り算にて PM による干渉を補正して求めた。NO 濃度確認に関しては、前述した検量線にて算出した。また、NO 濃度と同時に排ガス流量との相関を求めた。図 1 6 にその結果のグラフを示す。

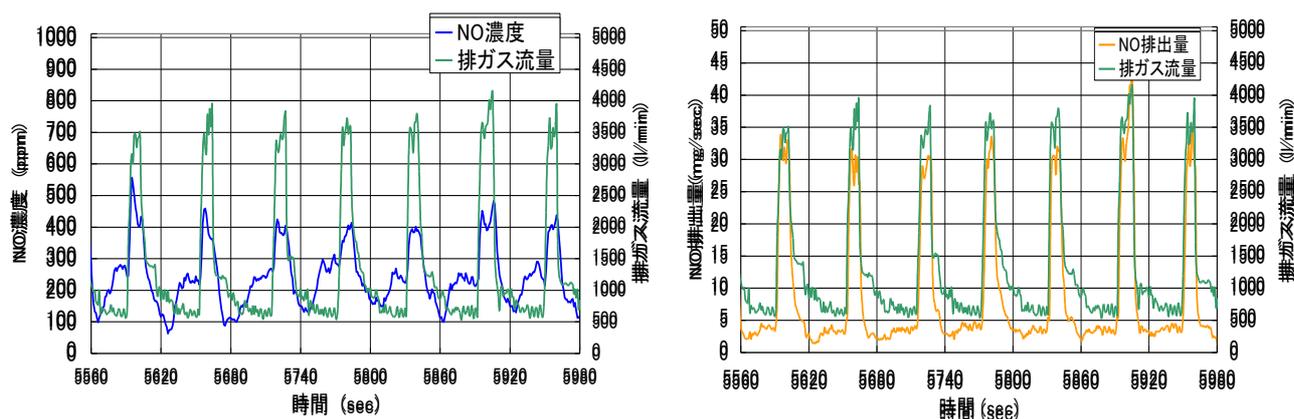


図 1 6 NO ガス濃度と排ガス流量との関係

(3) NO 重量演算

上記計測時に、同時計測していた排ガス流量から排出量の重量演算を行なった。単位時間あたりの NO 排出量は、排ガスのモル流量 (mol/s) と NO 濃度 (ppm) と NO 分子量 (g/mol) を掛け合わせることで得た。

6. 試作装置の市街地路上での計測実験による性能評価

これまで C/D で評価してきた小型簡易車載排出ガス診断装置をもちいて、路上での排ガス計測実験を行なった。装置立ち上げ時の課題抽出、実路上走行での性能確認及びマッピングの可能性検討、排ガス中に含まれる汚染物質による局所汚染測定の可能性に関して評価を行なった。

(1) 装置立ち上げ時の課題抽出

路上走行試験を開始前の準備として、装置取り付け後、エンジンをスタートさせた際に発生する結露の対策を行なう必要が有る。本実験を行なった時期は 1・2 月で気温は 5℃以下という条件であったため、エンジンスタート時に大量の水がテールパイプから排出される。この水はテールパイプ内部に吸着している水分がエンジンスタートと共に、排ガスに熱せられ脱離しテールパイプ出口で結露し発生する。また、テールパイプに付着している PM を大量に含んでいるため、光学系を汚染するという問題が発生していた。そこで、図 1 8 に示す光学系汚染対策治具を挿し込み、テールパイプから排出される結露水分が無くなるまで光軸に蓋を

して、エンジン暖気後、治具を取外し、実験を行なった。実際にこの対策をせずに実験を開始すると即座に光学系が汚染され、計測不可能となる。ブロー流量を上げて汚染防止も考えたが、実行セル長の変化等が生じるため正確に計測する事は困難で有る。

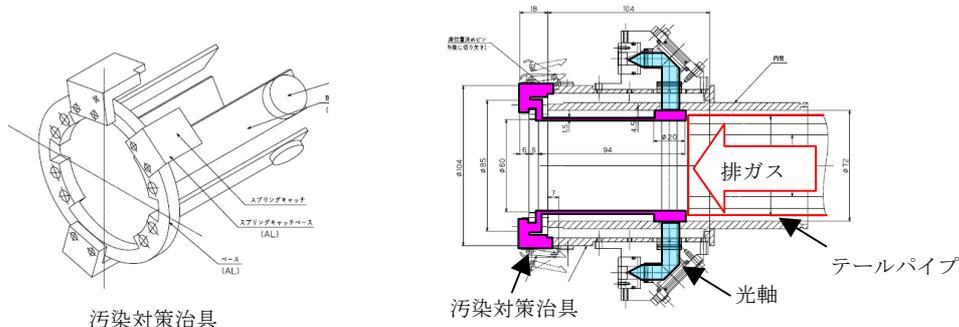


図 1 8 光学系汚染対策治具と設置構造

(2) 実際の路上走行による計測診断性能確認及びマッピングの可能性検討

京都市南区付近市街地において、試作機をディーゼル車に装着搭載し、PM 吸光度、NO 濃度の変化及び车速の各計測性能に関して実験評価を行なった。また、GPS の位置情報から排出重量の走行場所へのマッピングの可能性検討を行なった。NO 濃度データの妥当性を確認するために、直挿型 NO_x 計 (MEXA-720 NO_x (堀場製作所製)) を同時に車両に搭載し比較データを取得しながら実験を実施した。また、車両運行情報を正確に把握するために車両運行記録計 (HIT-GS : ホリバアイテック社製) を装着して実験を実施した。

図 1 9 に今回路上試験を行った走行ルートを示す。1 周約 3km のルートを数回走行し測定を行った。

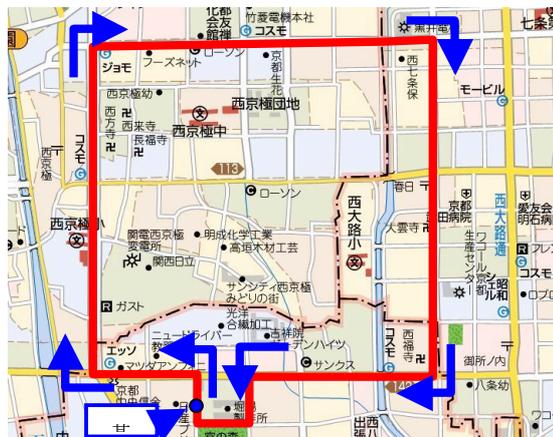


図 1 9 路上試験走行ルート

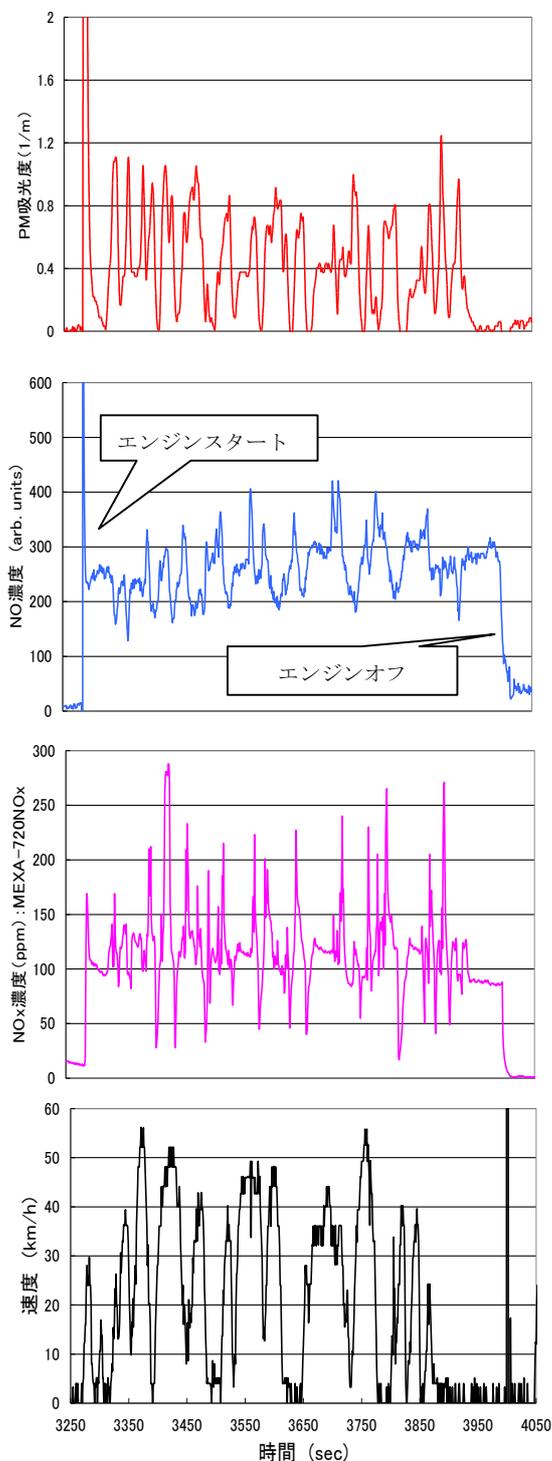


図 2 0 路上走行試験結果

この測定の結果(図 2 0)から、車速の上昇と共に PM 吸光度および NO 排出量が上昇していくのが分かる。次に、小型簡易車載型排出ガス診断装置と直挿型 NO_x 計の NO 排出量を比較したデータを図 2 1 に示す。この結果から、排出のタイミングに対してそれぞれの測定データタイミングが合っており、それぞれの分析計にて相関関係が得られていることが分かる。

一方で、小型簡易型排ガス分析計の応答性が十分ではないため、応答遅れが生じている場合があることわかる。この点において、実際の路上走行とシャーシダイナモ上での走行との差が顕著に現れている。今後の課題として、計測診断装置の応答速度を改善する必要があることが分かった。この現象は、PM 計測においても同様のことが言えると考えられる。

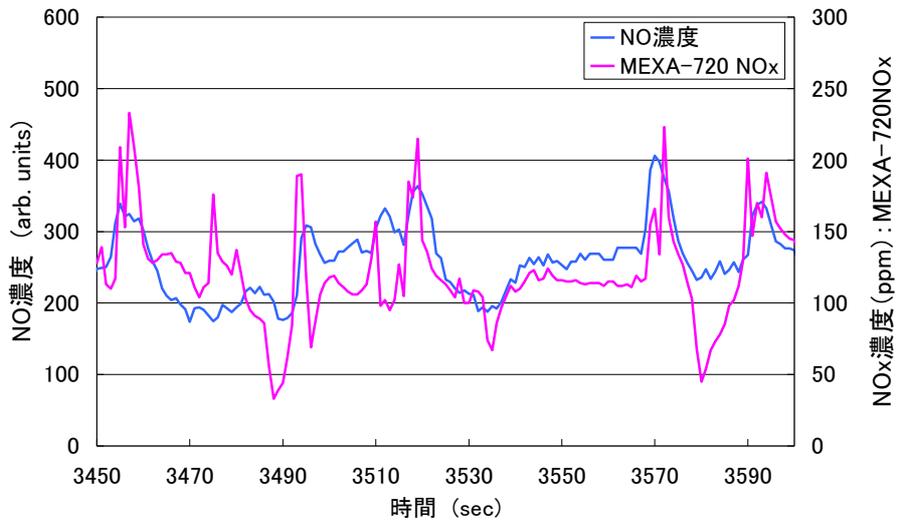


図 2 1 NO 計測における応答性比較

(3) 局所汚染測定の可能性評価

次に、試作装置を用いて局所汚染診断の可能性を検討した。評価方法は、京都市内の市街地道路にて赤信号による停止に伴うアイドリング時及び発進時の NO 排出重量と、青信号であることで停止せずに走行した場合の排出量を単位時間及び単位距離あたりのデータとしてまとめた。図 2 2 に試験走行ルートを示す。試験は、京都市内西部の国道 162 号線を北上し、東西に走る五条通 (国道 9 号線)、四条通、三条通等の比較的に通量の多い主要道路と交差する道路で試験を行った。



図 2 2 試験走行ルート

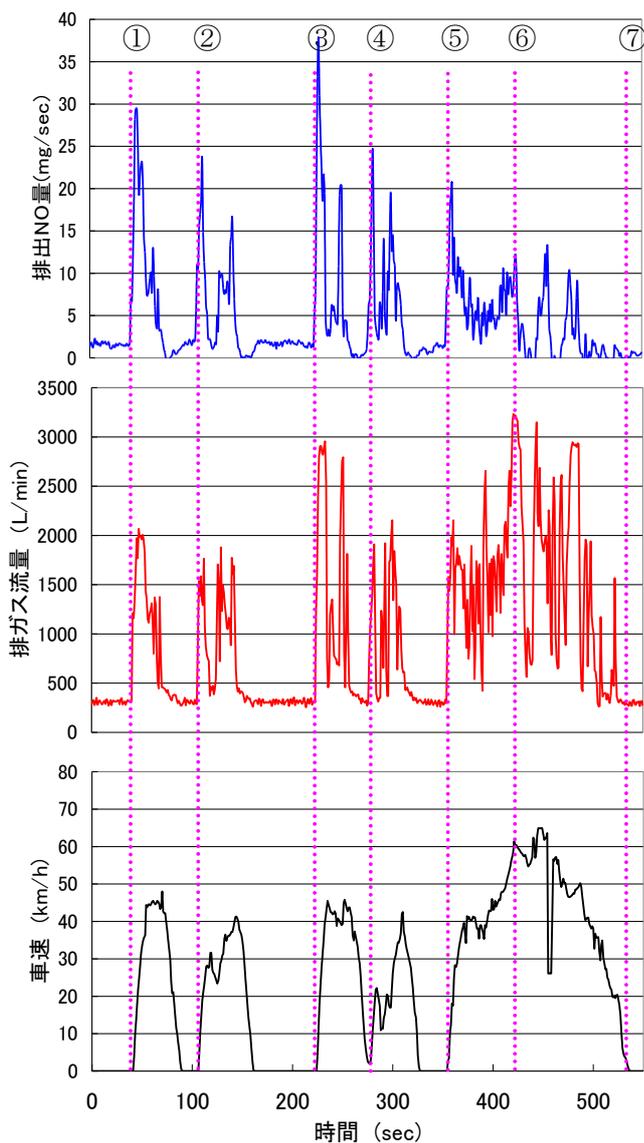


図 2.3 路上走行排ガス試験

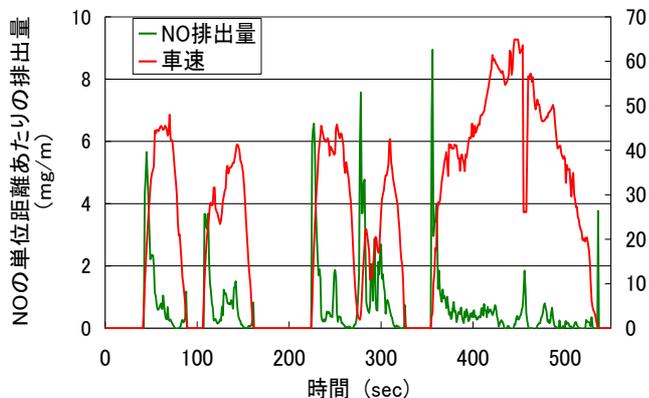


図 2.4 NO 排出重量と車速との関係

図 2.3 に試験結果のグラフを示す。 グラフは単位時間あたりの NO 排出重量、排ガス流量及び車速を示している。また、グラフ上の数字は図 2.2 で示した地図上の数字のポイントを示している。このグラフからは、

- 交差点の信号が赤から青に変わり、車が発進するタイミングで（地図及びグラフ中にて①～⑤のポイント）NO の排出量が増えている。
- 車速がピークになる地点⑥は、道路上に信号が無く、跨線高架橋にて丸太町通りと交差している地点であるが、負荷は低いため NO 排出量が低下している

このように道路交通状況に応じた車両の走行状態と NO 排出重量の相関が把握できることがわかる。

次に、単位距離あたりの NO 排出重量と車速をまとめた。その結果のグラフを図 2.4 に示す。

このグラフでは、車両スタート時に多量の NO が排出されている様子が見て取れる。この排出量と車の運転状態の詳細データを計測すれば、ホットスポットと呼ばれる道路沿道での局所的な大気汚染発生原因究明の手がかりとして本計測診断装置を有効に利用できる可能性があると考えられる。

7. 排出ガス診断装置の実用化に関する課題の検討

これまで3年間、小型簡易車載排出ガス分析装置の実用化調査研究として、シャーシダイナモ上及び実際の道路走行による計測を行ってきた結果を通じて明らかになってきた課題に関して述べる。

(1) PMによる光学系汚染対策

ブロアーを用いて光学系汚染防止対策をすることにより光学系汚染の低減及び実効光路長の変化に対して改善が見られることがわかった。一方で、PMによる光学系の汚染を全く無くすことは容易でない事も分かった。また、冬季のエンジン始動時に発生する結露に対する対策が必須である事もわかった。シャーシダイナモ上での実験（実験ラボ室温 25℃）では結露などの影響が見られなかった事から考えると、気象条件（天候・気温・湿度）に合わせたエンジン暖気時間（結露が測定光学系にどの気象条件から影響が現れるか）の把握が必要で、様々な気象条件に合わせたデータを車載診断装置の実用化に際して積み上げる必要がある。

(2) 車載時の重量及び設置簡便性

PM計測及びNO計測光学系に光ファイバーを用いる光学系を採用する事により、測定成分を1成分から3成分に増やし、エアパージ用ブロアー及びピトー管を追加したにもかかわらず2.3kgに抑える事ができ、テールパイプ部取り付けユニットによる負担を軽減することが可能となった（前年度試作計測装置：単成分のみで1.4kg）。また、車両に車載する測定処理部のサイズはA3サイズ相当まで小さくすることができた。今後基板の縮小化、光学系の見直し及び排ガス流量計を代替品へ置き換え等を行うことによりA4サイズ程度まで縮小が可能であると考える。今後の課題としては、テールパイプ部のピトー管から、車載部の測定処理部までステンレス配管（サイズ：1/8inch）を用いて配管する必要があり簡単に取り付けることが困難である。また、車載部の圧力計のサイズも大きく、体積・重量共に大きい。

(3) リアルワールドでの計測に対する課題

本研究は、リアルワールドでの計測を目標に実施してきたが、環境条件（気温・湿度・天候等）に対する装置の耐久性に関して課題が見えてきた。シャーシダイナモ上での計測においては環境条件が一定であるが路上実走行環境での計測に関してはまだ解決すべき課題が残っている事も判明した。この課題を解決するためには、計測原理の断面だけではなく、ノンサンプリング計測の断面での対環境性能に対して重点的に課題の抽出と対策を実施する必要がある。

(4) 計測手法に関する課題

ディーゼル排ガスの計測をターゲットに、PM計測及びNO計測に主眼を置いて検討を実施してきた。これらの成分を、同時にノンサンプリングでの計測を考

えた場合、NO の吸収に対して、波長依存性の小さい PM の干渉影響があり、これらの吸光度の差が検出限界に関係する。本検討において、NO 計測時の PM の干渉による信号量比率（NO 最大排出時 500 μ m での比較）が NO : PM=1:5 程度あり、これら信号比率がリアルタイムで変化するため、特にアイドリング等の NO 濃度が低い領域において、信頼性の高い計測は困難である。しかし、本研究のターゲットの本年度で被測定車に選定した車両の排出レベルであればリアルワールドでの排出ガス診断の可能性を示す結果を得られたと考える。

NO に対して NO₂ の干渉影響は約 2 倍程度出ることが分かった。この課題に関しては、NO₂ のみの吸収が得られる 380nm 付近の吸収を用いて測定することにより干渉をキャンセルし、NO のみのデータを取ることが出来ると考える。

8・まとめ

大都市圏における自動車からの窒素酸化物(NO_x)及び粒子状物質(PM)の排出による道路沿道での大気汚染対策、特に環境汚染の改善の見られない地域が局限して存在することに対する課題解決のツールとして小型簡易車載排ガス診断装置の実用化をめざして、平成 17 年度から 3 年間にわたり調査研究を行ってきた。

本年度は、1988 年排ガス規制対応のディーゼル自動車を試験車両として評価装置を設計製作、ならびに路上実装試験を実施し、その成果を調査研究報告としてまとめた。小型、簡易という容易に被試験車両に装着可能な計測診断装置を実現し、PM 及び NO を実際の道路沿道において走行している状態で計測することによって、排出ガスの診断を行う装置の実現とそれによる大気汚染対策および局所環境汚染課題解決のツールとして実現できる一定の見通しを得た。小型簡易に計測装置を実現する課題に対しては、従来の計測器には無かったノンサンプリング概念の実現方法として、車両のテールパイプに装着可能な比較的小重量、約 2.3kg のオープンパスユニットと、A4 サイズへの更なる小型化が見込める計測ユニットを A3 サイズで製作できた。

装置の実用化課題はまだ残っているが、大都市地域の交通量の比較的多い道路を走行する車両の道路交通状況、停止と発進を繰り返す運転状況などから NO 及び PM が排出される状況を地図上で把握することが出来るツールの実用化見通しが可能となった。

今回の NO 計測では NO₂ の干渉影響が排除できていないなどの課題もあるが、深紫外域 (220nm より長波長) で発光が得られる LED や LASER を用いた分光分析法を応用することを検討することにより、より簡便で有用価値の高い計測診断装置が実現できるものと思われる。

以上、3 年間にわたり調査研究を行ってきた。本研究を行うにあたって、市街地道路沿道での課題の認識および必要な計測診断性能について、検討委員の諸先生方から貴重かつ適切な指導助言をいただいたことを最後に記し、小型簡易排出ガス診断装置の実用化研究のまとめとする。