

非分散赤外吸収法CO₂計を応用した自動車排出ガス高精度分析装置の開発に関する研究

吉村, 友志

<https://doi.org/10.15017/1441269>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

(別紙様式2)

氏 名 : 吉村 友志

論文題名 : 非分散赤外吸収法CO₂計を応用した

自動車排出ガス高精度分析装置の開発に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

自動車を構成するモジュールの中でも特に重要な役割を持つパワートレイン部分の開発において、エンジンから排出されるガスの中に含まれている気体、または粒子状物質の性状や量を計測することは重要な意義を持つ。環境保全のため世界各国で制定されている規制要求値を満足しているかどうかの確認、運転効率が最大となる各デバイスの制御量の決定、組み込まれる部品の個々の特性および組み合わせ特性の計測と最適化等を実施するには、排出ガスの分析は必要不可欠な情報となる。しかし、エンジン排出ガスはガスと粒子が混在する複雑な組成を持ち、温度や圧力などの状態変動が激しいため、計測が困難な対象であると言える。したがって、計測前の処理や計測手法自体に工夫や専用の設計が必要となる。同時に、自動車排出ガスラインの後処理装置の進化や制御の複雑化が進むにつれて、計測器にも精度向上や計測時間の短縮といった高性能化が継続して求められている。

本研究では、粒子状物質 (PM) 計測装置と排出ガス再循環 (EGR) 率計測装置、排出ガス流量計測装置の三種類の計測に注目し、計測精度の向上と計測時間の短縮を目的として、それぞれに新しい計測方式を提案している。まず、PM計測では計測精度の向上と大幅な計測時間短縮を実現している。また、加熱型非分散赤外吸収 (NDIR) を用いた2ラインCO₂計測装置を開発し、水分含有状態でのEGR率計測および排出ガス流量計測への応用を世界で初めて実現している。こうした新しい計測手法の提案と同時に、計測精度の向上や応答時間の短縮も実現した。本論文は、これらの成果をまとめたもので、以下の6章から構成される。

第1章は緒論であり、本研究の背景となる排出ガス計測の動向、および計測における課題と本論文の意義を述べている。

第2章では、本研究で注目した計測手法について説明している。PM計測装置とEGR率計測装置、排出ガス流量計測装置に関して、それぞれの技術の歴史および動向、その計測技術とその課題について詳述している。

第3章では、低重量PM装置の開発において、低重量PMの分離計測の実現を目指して装置構成の検討と検証を行っている。低重量計測を実現するために、計測誤差の要因となる酸素の混入箇所と混入源の低減が必要であることを突き止め、本現象の検証を流体シミュレーションと試験により行った。これより装置構成を検討し、酸素混入の影響が最小限になるよう装置の設計に反映した。この研究の成果として、PM計測において可溶性有機成分 (SOF)、すす (Soot) の低重量域での高精度分離計測を実現しながら、かつ大幅な計測時間の短縮が可能な気化方式PM計測装置を開発している。結果として、酸素混入の影響を取り除く前よりも、80%低いサンプル重量域において高精度で計測できる装置を実用化している。

第4章では、水分含有状態のガスを計測してEGR率計測や排出ガス流量計測ができる装置について検

討している。通常、非分散赤外吸収（NDIR）方式では水分干渉影響を受けるために、前処理として水分除去を行う。この方式では、乾燥濃度から湿り濃度に変換するときに誤差が発生しやすいため、精度面で課題がある。加熱型NDIR式CO₂計を応用した水分含有状態でのガスを測定するEGR率計測装置は前例がない。そのため、サンプルライン、計測部ともに水分含有ガスを計測できるEGR率計測装置として最適化を行った。水分が共存することにより発生するCO₂吸収スペクトルの変化は、ガス分子レベルでの現象であり、水分共存影響と呼ばれる。この現象は、装置側で影響を取り除くのが困難であるため、水分濃度を直接計測し演算処理により影響を補正する手法を確立している。

第5章では、前章で検討した計測装置に対して、初めに既知濃度のボンベガスによる性能試験を行っている。ノイズ、再現性などの基本性能評価を行った結果、排出ガスの濃度分析に適切な性能を有していることを実証している。また、水分干渉の影響・水分共存の影響についても試験ガスにて確認を行い、前章で検討した補正機能が適切に動作していることを確認した。次に、実排出ガスを用いて、EGR率計測と排出ガス流量計測を行った。EGR率計測において、エンジンが定常運転時、過渡運転時ともに、従来装置より応答良く高精度な計測をできることが試験により明らかになった。また、排出ガス流量計測においても従来装置と比較して高精度な計測をできることがわかった。これらは、排出ガス流路内で結露する水分により発生する測定誤差を取り除いたことに起因することが示された。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、各計測手法における今後の展望を述べている。