

搭載性・連続性に優れたディーゼルパーティキュレートセンサの開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ東海 平成20年度採択課題
「活性酸素を利用したディーゼルパーティキュレートセンサの開発」

代表研究者：〔名古屋大学大学院環境学研究科・教授・日比野高士〕



■ 研究概要

本技術はプロトン伝導性電解質と電極触媒から成る電気化学デバイスを使用し、排ガス中で活性酸素を電気化学的に生成する、パーティキュレートマター（PM）と100%の効率で反応させる、の過程で大きな電気信号を発生する、ことが特長として挙げられる。これによって、センサ自体が自己再生能力を持つため、PMの連続モニタが可能になる。

■ 研究内容、研究成果

本技術はディーゼル排ガス中のPMを高感度・高選択的に連続モニタするものであり、これによってPM捕集のために使用されているディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）の性能向上を図るものである。具体的には、DPFの再生タイミングを正確に知ることができるため、燃料噴射の無駄を避けることが可能となる。また、DPF細孔を通り抜ける微粒PMも検知できるため、大気中のPM流出を完全に防ぐことも可能である。従来報告されているセンサの作動原理はどれも素子の電極表面にPMが付着し、その際の電気的な変化（電圧もしくは抵抗）を信号化することに基づいている。従って、PMが電極上に堆積し易く、センサ信号が残存するPMの影響を受け続けるため、排ガス中のPM濃度をリアルタイムで検知できない欠点があった。これに対して、本技術は電気化学的に生成した活性酸素が燃焼効率100%でPMを常に燃焼することに基づいてセンサ信号を発生するため、上記欠点を避けることができ、その結果として連続モニタリングすることができる。

本研究で得られた成果は以下の通りである。プロトン伝導性 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 電解質にPt電極触媒とカーボン試験体の混合物を取り付け、その電極がプラスになるように通電した。その結果、カーボンが電流効率100%で燃焼されるとともに、燃焼後に大きな抵抗変化が生じることを確認できた。また、カーボン試験体量を変えると、セルの抵抗変化がそれに追従することも実現できた。電極内に電解質成分である $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子を高分散で複合化し、カーボン燃焼を高効率化することによって、センサ感度を μg レベルのカーボン量まで引き上げることに成功した。センサ素子の製造プロセスを検討し、サーベイセンサを小型化するとともに、保護カバーと内層ヒーターを装着可能にした。さらに、このセンサ素子はPMベンチ評価試験で μg レベルのPMに連続的に応答することができた。

■ 今後の展開、将来の展望

本センサの基礎的な技術的問題点として、検出精度（定量性、再現性等）が挙げられる。飛来したPMがリアルタイムに全て反応する理想的な電極の開発や、作動温度等センサ動作条件の最適化等により性能向上を図る。さらに、新規材料であるプロトン導電体の自動車排ガス環境下での信頼性についてもより詳細に確認する。上記基礎開発をクリアした後、市販センサとしての基礎設計検討では、アッセンブリ化や制御回路等の検討を実施していき、最終的に量産化検討へと移行していく。自動車の寿命に見合う信頼性試験（10年15万mile以上）や製造プロセスの開発も並行して実施していく必要がある。

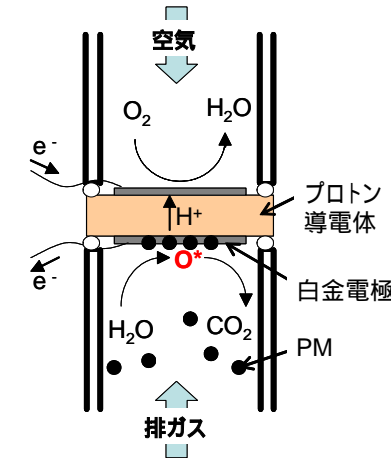


図1 センサ原理

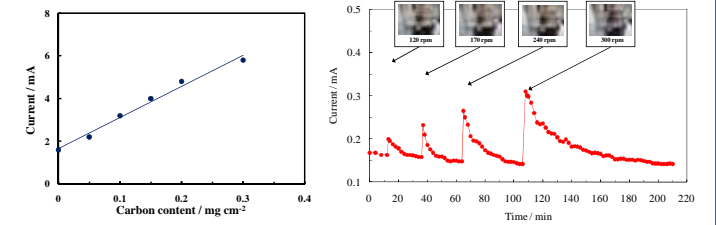


図2 センサ感度と応答性



図3 センサデバイス

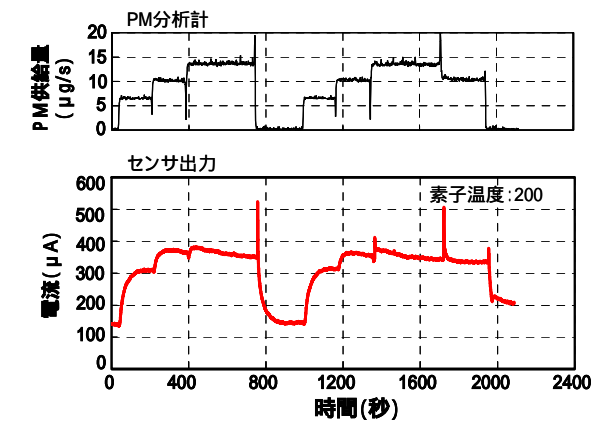


図4 センサベンチ試験

■ 研究体制

◆ 代表研究者

〔名古屋大学大学院環境学研究科・教授・日比野高士〕

◆ 研究者

水谷圭吾（日本自動車部品総合研究所）、寺西真哉（日本自動車部品総合研究所）、原田敏彦（日本自動車部品総合研究所）、沈岩柏（名大環境）、平林大介（名大エコトピア）、兼松涉（産総研計測フロンティア）、深谷治彦（産総研計測フロンティア）、西田雅一（産総研計測フロンティア）

◆ 共同研究機関

（株）日本自動車部品総合研究所、
産業技術総合研究所中部センター、

■ 研究期間

平成21年4月 ~ 平成24年3月