

環境・生命工学専攻	学籍番号	063822	指導 教員	水野 彰
申請者 氏名	林 秀明			高島 和則

論文要旨 (博士)

論文題目	自動車排気ガスへの放電プラズマ応用に関する研究
------	-------------------------

(要旨 1, 200字程度)

電気集塵装置は火力発電所などで用いられている排煙処理技術であり、十分な効果を得ている。しかし、一般的な工業用電気集塵装置を車載型自動車排気ガス処理装置として応用するためには小型化するだけでは実用化できない課題を有する。ディーゼルエンジンから排出される粒子状物質(以下PM)は導電性を有するため、集塵電極に捕集されたPMは再飛散を繰り返しながら粗大化し、一部は電気集塵装置から排出されてしまう。そこで、電気集塵装置から排出された凝集PMを捕集するために電気集塵装置の後段に機械的なフィルタ(以下DPF)を設置することで、高い捕集効率と低い圧力損失を同時に実現することが可能であるか検討した。その結果、DPF単体では急激に圧力損失が上昇するのに対して、DPFの前段に設けた電気集塵装置に直流高電圧を印加した場合、圧力損失の上昇が抑制されると同時に、捕集効率も高性能DPFと同等であることが分かった。ただし、電気集塵装置には放電電極を支えると同時に放電電極と集塵電極との絶縁を確保するためのガイシが必要であり、自動車に電気集塵装置を搭載する場合、スペースが限られていることから簡素なガイシ構造が望ましい。そこで電気集塵装置内に、温度勾配が発生する空間を設けることでPMの熱泳動現象を利用した、外部装置を用いない絶縁耐久性の高いガイシの開発を検討した。その結果、絶縁保護対策を施していない場合と比較し、約20倍の絶縁保持時間を得ることに成功した。また、本研究のPM捕集方法ではDPFを用いていることから、堆積したPMを除去するためのDPF再生処理が必要となる。一般的なDPFの再生方法では約600℃以上という高温が必要であり、DPFの溶損、エンジン始動時やエンジンプレーキ作動時の低温再生に問題があることから、低温で再生可能な方法が求められている。本研究ではDPF内で低温プラズマを発生させることで、酸化力の強いOラジカルを酸化処理対象のPM近傍で発生させ、低温でのDPFの再生を試みた。その結果、室温においてもPMの酸化が確認された。また、雰囲気温度150℃の場合において、約11g/kWhのPM酸化効率を得ることができた。

また、充填層放電を用いることで、低温大気圧条件下でNO_x処理用のNH₃の生成を試みた。NH₃の原料ガスであるN₂とH₂を充填層放電場に導入することで、原料ガスが解離し、新たにNH₃を合成することに成功した。また、印加電圧条件やガス対流条件の最適化、強誘電体ペレットを用いた評価試験を実施した結果、本研究で最も高いNH₃生成効率は0.49g/kWhであった。

また、エンジンにトラブルが発生し、高濃度のPMが発生した際に直ぐに異常の検知が可能なPMセンサを構築する為にスライド放電を応用したPMセンサを開発した。スライド放電場に堆積した粒子は放電により発生する酸化性の活性種によって除去することができることから、メンテナンスフリーなPMセンサの構築に成功したと言える。また、電極配置条件を工夫したことで、従来のスライド放電で必要とされている直流高電圧を印加せずともスライド放電を発生させることに成功した。

year month day
2013 1 16

Department	Environment & Life Engineering	ID	063822
Name	Hideaki Hayashi		

Supervisor	Akira Mizuno Kazunori Takashima
------------	---------------------------------------

A b s t r a c t

Title	Application of Atmospheric Non-thermal Plasma in Emission Control of Vehicle
-------	--

Diesel particulate filter (DPF) has been established as a key technology in reducing diesel particulate emission. However, technological improvements to pressure drop, durability, and to insufficient collection efficiency for nano-particles are still required. Electrostatic precipitator (ESP) is another leading technology used in exhaust treatment, but it is currently limited to applications for stationary sources. In this paper we have proven that simultaneous use of ESP and DPF show synergetic effects of very high collection efficiency and slower increase of the pressure drop. The particle number density observed downstream of the combined system was 98% smaller compared to that of DPF alone. At the same time, it was confirmed that increase in the pressure drop across the DPF was slower by about 10% compared to that of DPF only. But, the insulation can be broken by particle matter (PM) adhesion on the surface of the insulator. As for ESPs practically used in power plants or factories, the surface of insulator is flushed by gases or oils using external devices for stable insulation. However, the ESP without the external device is expected for practical application to diesel vehicles. In this study, I focused on insulator protection using thermophoresis. In this study, temperature gradient was induced between the insulator rod (low temperature) and the collection electrode (high temperature) in the ESP to induce thermophoresis. As a result, since insulation was broken in 6 min by using ESP without insulation protection and it was broken in 125 min by using ESP with insulation protection, insulation durability was greatly improved by using thermophoresis. In addition, regeneration of DPF was also investigated using non-thermal plasma. In order to generate the plasma inside the DPF, a surface discharge was used in front and a DC electric field was applied across the DPF. In this study, the discharge plasma was used to oxidize PM accumulated inside the DPF. It showed around ten grams per kilowatt-hour (g/kWh) of the PM oxidation efficiency.

Among various NO_x reduction technologies, selective catalytic reduction (SCR) methods have been studied for the cleaning of diesel engine exhaust. Urea SCR is commercially used for flue gas cleaning and also thought to be the most promising method for the after treatment of diesel vehicle exhaust. In the urea SCR system, urea solution is used to generate NH₃. The urea solution is sprayed into an exhaust tube to generate NH₃ through hydrolysis reaction. However, the yield is not high enough for diesel vehicles during idling or low-load usage where gas temperature is about 150°C or lower. Therefore NO_x removal at such low gas temperature condition in the conventional urea SCR system is very poor. To cope with this problem, ammonia production from nitrogen and hydrogen using packed bed electric discharge at room temperature was investigated. This aims to provide an efficient and on-board ammonia supplying method. Here, the effect of applied voltage, gas composition, gas flow rate, and frequency were examined to obtain higher ammonia production efficiency. In this case, the maximum efficiency was 0.49 g/kWh under the condition of 30 kV_{P-P} of the applied voltage, 3:1 of N₂:H₂ ration, 5 L/min of the gas flow rate, and 2.0 kHz of the frequency.

Clogging of a DPF is easily caused by high number concentration of PMs from an internal combustion engine. To prevent a DPF from clogging, a PM sensor that can detect abnormal number concentration of PM in real-time has been required. In this study, discharge current was measured to detect PM concentration since PMs are conductive. As a result, discharge current flowing into the sliding electrode increased with increasing PM concentration in diesel exhaust gas. In addition, it was confirmed that PMs adhered to the discharge area was oxidized by reactive oxygen species generated from sliding discharge.