

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00595

研究課題名(和文)ラディアル構造化プラズマ支援脱硫フィルターによるゼロエミッションディーゼルの開発

研究課題名(英文)Development of zero-emission diesel by plasma-assisted radial filter

研究代表者

大坂 侑吾 (Osaka, Yugo)

金沢大学・機械工学系・准教授

研究者番号：70586297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：ディーゼルエンジンはガソリンエンジンに比べて、燃費が良く、CO₂排出量が少ないため内燃機関として普及が進められている。しかし、燃焼機構の特徴から窒素酸化物 NO_x や硫黄酸化物 SO_x を排出してしまう問題が挙げられる。これまでMnO₂を担持した脱硫フィルターを用いて移動体搭載に向けたSO_x浄化技術の確立を目指してきた。浄化性能向上に向けて排ガスに大気圧非平衡プラズマを重畳させることで生成される非平衡反応場を応用した浄化プロセスを提案した。結果として、大気圧非平衡プラズマを反応部上流に重畳してガス改質することでSO₂捕集能力は向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、内燃機関として船舶などで幅広く使用されているディーゼルエンジンから排出される有害物質(特にNO_x, SO_x)のゼロエミッション化を目指した浄化フィルターの高性能化への研究である。非平衡プラズマを重畳させることにより生成する、非平衡反応場を用いることで、低温度域で高い排ガス浄化性能を達成させると同時に、有害物として排出されていた硫黄酸化物を回収し再利用する硫黄循環社会の構築を目指した。様々な非平衡反応場を創出させ、排ガス浄化性能の向上指針を検討した結果、反応場上流に非平衡プラズマを重畳させ、ガス成分を改質させることが高い浄化性能を発現することを明確にした。

研究成果の概要(英文)：Compared with otto cycle, diesel engines have better conversion efficiency and lower CO₂ emissions, and therefore, it is becoming popular as internal combustion engines. However, there is a problem that nitrogen oxides NO_x and sulfur oxides SO_x are emitted due to the characteristics of the combustion mechanism. We have aimed to establish SO_x purification technology for mounting on moving bodies using desulfurization filters supporting MnO₂. To improve the purification performance, we proposed a purification process that applies the nonequilibrium reaction field generated by superimposing atmospheric pressure nonequilibrium plasma on the exhaust gas. As a result, it was clarified that the SO₂ trapping ability is improved by the atmospheric reforming of non-equilibrium plasma with sodium bicarbonate upstream of the reactor to reform the gas.

研究分野：エネルギー環境工学

キーワード：大気圧非平衡プラズマ 排ガス浄化 乾式脱硫 ゼロエミッション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ディーゼルエンジンはガソリンエンジンに比べて、燃費が良く、CO₂排出量が少ないため近年注目を浴びている。しかし、燃焼機構の特徴から窒素酸化物 NO_x や硫黄酸化物 SO_x を排出してしまう問題が挙げられる。これらの環境汚染物質は酸性雨や光化学スモッグなどの原因となる。更なる利用拡大のためには、これら環境汚染物質を浄化し、硫黄分として化学製品や肥料等に再利用する硫黄循環型社会の構築が必要である。また、排出されるガスによる大気環境保全だけでなく、将来技術として、船舶などが移動している動力を得るために大気中の空気を吸気していることを利用し、排ガス浄化フィルターで、大気中の有害成分を捕集し、大気中濃度以下にまで浄化し排出することで、大気クリーナーの機能を付与することが求められている。

2. 研究の目的

これまで MnO₂ を担持した脱硫フィルターを用いて移動体搭載に向けた SO_x 浄化技術の確立を目指してきた。しかし、基材の高い体積占有率と、低い材料利用率から実用化目標体積には至らなかった。そこで浄化性能向上に向けて排ガスに大気圧非平衡プラズマを重畳させることで生成される非平衡反応場を応用した浄化プロセスを提案する。既往研究で、反応場の上流において大気圧非平衡プラズマを発生させ、改質させた排ガスを MnO₂ に通すことによって SO₂ および NO の浄化性能が向上することを実験的に明らかになった。本研究では、MnO₂ 粒子を使用し、大気圧非平衡プラズマを発生させる際の投入電圧の変化が浄化性能に及ぼす影響を実験的に評価した。

3. 研究の方法

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。本実験装置は模擬ディーゼル燃焼排ガスを生成するガス制御部、温度を制御し SO₂ を吸収させる MnO₂ 粒子、吸着材通過後の SO₂、NO₂、NO 濃度を計測する電気化学式ガスアナライザー、未吸収 SO₂、NO₂、NO を硫酸、硝酸として捕集する後処理部から構成されている。反応管には石英管(外径 13 mm, 内径 10 mm)を用いて比表面積 300 m²/g の活性化二酸化マンガン(HSSA MnO₂)を 0.30 g 充填する。中心電極には銅棒(直径 3.0mm)、外周電極にはアルミメッシュを反応管外周に巻き付けたものを使用し、プラズマ発生部にはアルミナボールを充填させた。本実験では、反応温度は排ガス低温域を想定し 200℃、模擬排ガス組成は SO₂ 500 ppmv, NO 500 ppmv, H₂O 6.0 wt%, CO₂ 6.0 wt%, O₂ 10 wt%, N₂ Base を加えた模擬ディーゼル排ガスを使用し、投入電圧を 0-60 V 間パラメーターとした。模擬排ガス流量は 1.0 L/min で空間速度は、5.0 × 10⁴ h⁻¹ である。上流部放電を行う際は、MnO₂ を充填させている部分より 80 mm 上流にアルミメッシュを巻き付けて放電を行った。SO₂、NO 共存下でプラズマ重畳 MnO₂ の SO₂ 浄化試験を行った結果を示す。Table 1 に模擬排ガス組成を示す。

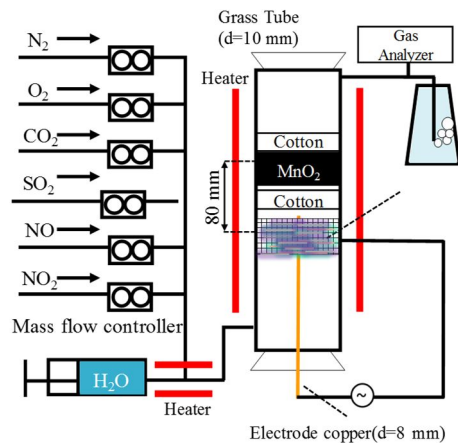


Fig.1 非平衡プラズマ重畳浄化フィルターの性能評価試験装置概略図

Table 1 SO₂ NO 共存下でのプラズマ重畳 MnO₂ 評価のための模擬排ガス組成

投入電力 [mW]	SO ₂ [ppm]	NO [ppm]	H ₂ O [wt%]	O ₂ [wt%]	CO ₂ [wt%]	N ₂ [wt%]
0	500	500	6	10	6	Base
6.82	500	500	6	10	6	Base
9.23	500	500	6	10	6	Base
11.9	500	500	6	10	6	Base

4. 研究成果

Fig.2 に投入電力が SO₂ 浄化性能に及ぼす影響を示す．横軸には時間，縦軸には二酸化マンガンの SO₂ 吸収率を示す．Fig.3-9 に SO₂ 吸収率 80%時の通過 SO₂ 量と投入電力効率を示す．横軸に投入電力，第 1 軸に SO₂ 吸収率 80%時の通過 SO₂ 量を投入電力で除した値，第 2 軸に SO₂ 吸収率 80%時の通過 SO₂ 量を示す．

Fig.3 において と ， ， の結果を比較すると，プラズマ放電を二酸化マンガンの上流に重畳させることによって SO₂ 吸収性能は向上する．これより，プラズマを重畳させることによって SO₂ 捕集性能は向上することが明らかになった．プラズマ放電によって生成された活性種によって SO₂ がより酸化性能の高い SO₃ に変化することで浄化性能を向上させたと考えられる．また， と の結果を比較すると，投入電圧の増加によって SO₂ 捕集性能が低下した．非平衡プラズマ重畳強度により，生成する活性種が変化し，SO₂ 浄化性能に影響を与えていると考えられる．Fig.3 において，9.2 mW で最も低効率の値を示し，6.8 mW，11.9 mW でおよそ同じ値を示した．また，NO_x の浄化についても同様に検討した．結果として，本実験条件では大気圧非平衡プラズマによる NO_x の増加も減少も確認されなかった．

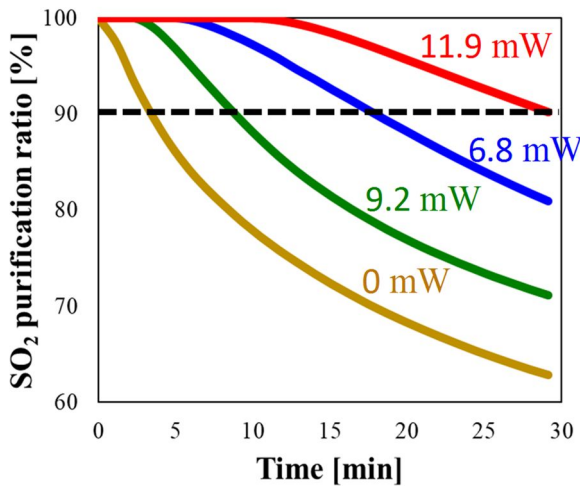


Fig.2 大気圧非平衡プラズマ重畳出力に対する脱硫性能評価

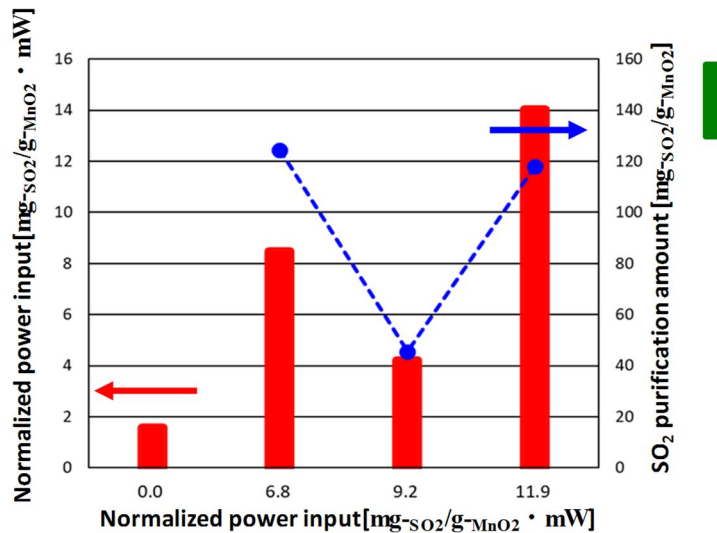


Fig.3 大気圧非平衡プラズマ重畳効率の評価

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Osaka, K. Iwai, T. Tsujiguchi, A. Kodama. H. Huang	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 The influence of exhaust gas compositions in MnO ₂ dry DeSO _x filter for diesel emission control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Technology	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1080/09593330.2019.1614095	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. Osaka, K. Iwai, T. Tsujiguchi, A. Kodama. X. Li, H. Huang	4. 巻 215
2. 論文標題 Basic study on exhaust gas purification by utilizing plasma assisted MnO ₂ filter for zero-emission diesel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Separation and Purification Technology	6. 最初と最後の頁 108,114
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.seppur.2018.12.077	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 X. Liu, L. Liu, Y. Osaka, H. Huang, Z. He, T. Bai, S. Li, J. Li and Huhetaoli	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on desulfurization performance of MnO ₂ -based activated carbon from waste coconut shell for diesel emissions control	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Managemen	6. 最初と最後の頁 1,8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1007/s10163-018-0710-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 岩井健太郎, 大坂侑吾, 児玉昭雄, 辻口拓也
2. 発表標題 二酸化マンガンをを用いた同時脱硫脱硝とプラズマ支援による性能向上に関する研究
3. 学会等名 化学工学会 第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Iwai, Y. Osaka, T. Tsujiguchi, A. Kodama, H. Huang
2. 発表標題 Basic study on exhaust gas purification by utilizing plasma assisted MnO ₂ filter for zero-emission diesel
3. 学会等名 Asian Pacific Conference of Chemical engineering 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Saito, Y. Osaka, T. Tsujiguchi, A. Kodama, H. Huang
2. 発表標題 Study on improvement of desulfurization performance in low-temperature by MnO ₂ particles embedded in Carbon Nano fiber
3. 学会等名 Asian Pacific Conference of Chemical engineering 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考