Simultaneous Reduction of Diesel Particulate Matter and NO_x based on The ECR

学 ○津田 陽一 (立命館大) 正 孔 俊徳 (立命館大) 正 中西 康文 (立命館大)
 学 飯田 祥博 (立命館大) 学 植田 啓仁 (立命館大) 正 吉原 福全 (立命館大)
 Yoichi TSUDA, Ritsumeikan University, 1-1-1, Nojihigashi, Kusatsu-shi, Shiga
 JoonDongk Gong, Ritsumeikan University
 Yoshihiro IIDA, Ritsumeikan University
 Yoshinobu YOSHIHARA, Ritsumeikan University
 Yasufumi NAKANISHI, Ritsumeikan University
 Hiroyoshi UEDA, Ritsumeikan University

1. 緒言

ディーゼルエンジンは、熱効率がよく燃料経済性に優れている反面、窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) の排出量が多く、大気環境保全の観点からその排出低減化が強く望まれている。今後、ディーゼル排ガスの規制はさらに強化されると考えられ、これをクリアするには、燃焼制御による排ガス改善に加え、排気後処理技術の開発が不可欠である。本研究では、電気化学手法による PM, NO_x の同時分解手法¹⁾ (Electro Chemical Reduction: ECR) により、高い分解率と低温作動化が実現したので結果を報告する。

2. ガス透過性電気化学セルによる同時分解メカニズム

本研究では、多孔質構造の電解質に多孔質電極を焼成することで、ガス透過性を有する電気化学セルを開発した。固体電解質には、イットリア安定化ジルコニア (Yttria Stabilized Zirconia: YSZ) およびガドリニウム添加セリア (Gadolinium-doped Ceria: GDC) を使用した。電極は銀と各電解質との混合物 (サーメット) を使用し、カソードのみ NO_x 吸蔵材として Ba を担持した。ECR による同時分解メカニズムは、図 1 に示すように排ガスをアノード側からカソード側へ透過させ、アノードでフィルタリングにより PM を捕集し、カソードで NO_x の吸蔵を行なう。そして、両電極に通電することで酸素イオンが強制的にカソードからアノードに移動するので、アノードでは酸化雰囲気となり PM が酸化されるとともにカソードでは還元雰囲気となり NO_x が還元される。さらに、アノードでは HC, CO の酸化と、NO の NO₂ への変換が行なわれる。

3. 実験方法

実験装置の概略を図 2 に、排ガス組成を表 1 に示す。セルのガス処理流量は 1.0ℓ/min. (GDC セルは 0.2ℓ /min.) とし、各反応温度で 10 分間の連続分解試験を行った。供試期間の運転条件は、回転数 1800rpm, 平均有効圧 0.36MPa (50% Load) とした。また、セルへの電圧印可は直流電源を使用し、0~100mA の範囲で連続的に行った。

4. 実験結果および考察

各反応温度における分解実験結果を図 3 に示す。PM は、電流値 50mA 以上のとき 100% の低減率が確認できた。さらに、銀電極の触媒効果により電圧印加を行わない場合でも、約 70% が分解されることが分かる。NO_x 分解率は、YSZ の場合、既報では模擬排ガスと実排ガスの差が顕著だったが¹⁾、本研究では、Ba 担持状態を改善し、NO_x 吸蔵量と吸蔵速度を向上させることにより²⁾、電流値 50mA では同等の分解率を確認した。また、Ba 高分散担持により最大約 70% の分解率を得た。ただ、50mA 以上に電流を上げても分解率が向上しないのは、この段階で NO_x 吸蔵速度が律速段階になるためと考えられ、さらに分解率を向上させるためには Ba 担持量および分散性を高め、吸蔵サイトの増加が必要である。次に、YSZ より低温でイオン導電性を有する GDC セルを用いて、実排ガスによる NO_x 分解実験を行った。電流値 50mA において、反応温度が 350℃ では約 50%、300℃ では約 40% の分解率を確認した。この結果より ECR システムの低温作動化の可能性が確認できた。一方、低減率は YSZ より低く、その原因として、Ba 担持量はほぼ等しいものの、製作した GDC セルの電極の厚みが約 1/3 程度に作成され、YSZ セルに比べ NO_x の吸蔵サイトが低下した

Fig.1 PM and NO_x reduction mechanism of ECR

Fig.2 Experimental apparatus

Table.1 Exhaust gas components

Components	Diesel exhaust gas	Simulated exhaust gas (N ₂ balance)
CO ₂	5.7 %	-
NO	456 ppm	450 ppm
O ₂	13.1 %	10 %
CO	270 ppm	-
NO _x	30 ppm	-
THC	220 ppm	-
Smoke	12 %	-
PM	50 mg/m ³	-

Fig.3 Reduction ratios of the YSZ cell and GDC cell

ためと考えられる。したがって、GDC セルも、電極の最適化により、Ba の分散状態を向上させることで YSZ と同等以上の分解率が実現できると考えられる。

5. 結論

YSZ セルの場合、実排ガスにおいて PM100%, NO_x 約 70% の同時低減が確認できた。GDC セルの場合反応温度 300℃ と 350℃ でそれぞれ約 40% と約 50% の NO_x 分解率が実現でき ECR システムのより低温での動作が可能となった。

謝 辞

本研究は NEDO (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) 革新的次世代低公害自動車総合技術開発プログラム/革新的後処理システムの研究開発の一環として行われた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中西 ほか 3 名 : ECR による PM, NO_x 同時低減システムの高効率化, 第 19 回内燃機関シンポジウム論文集, p.501-506 (2007)
- 2) 飯田 ほか 5 名 : 革新的次世代低公害車総合技術開発, 自動車技術会 学術講演会前刷集 NO.114-07, p.1-4 (2007)