

HCCI 조건에서 상세화학반응을 활용한 Biodiesel-Dimethyl Ether 혼합 연료의 NO_x 생성 특성

박 인 강¹⁾ · 임 영 찬²⁾ · 서 현 규³⁾

공주대학교 기계공학과 대학원^{1,2)} · 공주대학교 기계자동차공학부³⁾

NO_x Formation Characteristics with Detailed Chemical Reaction of Biodiesel-Dimethyl Ether Blended Fuel in the Homogeneous Charge Compression Ignition Conditions

In Gang Park¹⁾ · Young Chan Lim²⁾ · Hyun Kyu Suh³⁾

Graduate School of Mechanical Engineering, Kongju National University^{1,2)}
Division of Mechanical and Automotive Engineering Kongju National University³⁾

Key words : Biodiesel-Dimethyl Ether blended fuel (바이오디젤-디메틸 에테르 혼합 연료), Combustion characteristics (연소 특성), NO_x formation (질소 산화물 생성), Reaction path analysis (반응경로 분석), HCCI (균일 혼합 압축착화)

* 서현규, E-mail: hksuh@kongju.ac.kr.

최근에는 디젤의 대체 연료로 기대되는 바이오디젤과 DME의 연료 특성 개선을 위하여 일부 연료 특성이 상반되는 두 연료가 혼합된 Biodiesel-Dimethyl Ether (B-DME) 혼합 연료를 사용한 다양한 연구가 수행되고 있다. 본 연구는 상세화학반응 메커니즘을 활용하여 HCCI 조건에서 B-DME 혼합 연료의 NO_x 생성 특성을 조사하기 위하여 수행되었다. 이를 위해 Multi-zone HCCI 반응기 모델을 적용하고, n-heptane (n-C₇H₁₆), methyl decanoate (C₁₁H₂₂O₂), methyl 9-decanoate (C₁₁H₂₀O₂) 및 dimethyl ether (CH₃OCH₃) 화학종들을 사용하여 혼합 연료의 화학반응을 모사하였다. 실제 연료와 동일 C: H: O 비율로 모사되는 DME와 달리 바이오디젤 모사 연료는 n-heptane, md, md9d 화학종을 몰분율 기준 2:1:1로 혼합하여 모사되어 실제 바이오디젤과 비교하였을 때 C: H: O 비율이 약 1/2 정도로 낮다. 따라서 본 연구에서는 질량 기준 n-heptane 28.079%, md 26.102%, md9d 25.819%, CH₃OCH₃ 20.000%로 적용하여 질량 기준 Biodiesel 80%, DME 20%가 혼합된 B-DME 20 혼합 연료를 모사하였다.

연소 해석 결과, B-DME 혼합 연료는 바이오디젤과 비교하여 점화지연이 짧아지고, 연소 압력이 증가하였으며 이와 동시에 엔진 연소 성능인 IMEP (Indicated mean effective pressure)와 ISFC (Indicated specific fuel consumption)를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한, NO_x 생성 결과는 실험 결과와 마찬가지로 연소시 NO_x 배출량이 다소 증가하는 경향을 보였다. 이러한 NO_x 배출 특성 변화를 분석하기 위하여 크랭크 각도 변화에 따른 실린더 내부 온도 구배가 최대로 나타나는 지점에서 NO_x 생성반응 경로 분석을 수행하였다. NO_x 생성반응 경로 분석 결과, 비교적 희박 ($\Phi < 0.8$) 및 저온 ($T < 1800$ K) 연소 조건으로 인해 혼합 연료의 NO_x 생성반응은 대부분 NO₂ 및 N₂O 중간 생성물 메커니즘에 의해 생성되었다. 또한, 혼합 연료는 동일 조건에서 수행된 바이오디젤 생성반응 결과와 비교하여 Thermal NO_x 메커니즘 반응에 해당하는 $N + NO \leftrightarrow N_2 + O$ 반응 경로를 통한 NO_x 생성 반응률이 더 높게 나타났다.