

에혼합 챔버 내 에탄올 분사 비율에 따른 RCCI 엔진의 당량비 및 배기 배출물 특성

민 세 훈¹⁾ · 서 현 규²⁾

공주대학교 기계공학과 대학원¹⁾ · 공주대학교 기계자동차공학부²⁾

Characteristics of Equivalence Ratio and Exhaust Emission of RCCI Engine according to the Ethanol Injection Ratio into the Premixing Chamber

Se Hun Min¹⁾ · Hyun Kyu Suh²⁾

Graduate School of Mechanical Engineering, Kongju National University¹⁾,
Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University²⁾

Key words : Dual-fuel combustion(이중연료 연소), Equivalence ratio distribution(당량비 분포도), Ethanol ratio(에탄올 비율), Lean air-fuel mixture(희박 공기-연료 혼합기), Reactivity controlled compression ignition(반응성제어 압축 착화)

* 서현규, E-mail: hksuh@kongju.ac.kr

압축착화(CI; Compression ignition) 엔진은 실린더 내 직접 분사된 연료의 자발화(Auto-ignition) 특성을 이용하여 동력을 얻는다. 하지만, 이 과정에서 실린더 내 국부적으로 농후한 영역이 발생하고, 이로 인한 국부적인 온도 상승으로 NO_x와 불완전 연소에 의한 Soot과 같은 물질을 많이 배출한다. 이를 해결하기 위하여 PCCI(Premixed charge compression ignition)와 HCCI(Homogeneous charge compression ignition)와 같은 연소 전략이 연구 중이다. 하지만, PCCI의 경우 기존 CI 방법보다 분사된 연료와 실린더 내 공기의 혼합되는 시간이 많이 확보되어 적은 양의 NO_x와 Soot 과 같은 물질이 형성되어 적게 배출되지만, 여전히 그 양이 상당하다. HCCI 방법의 경우 고부하 조건에서 연소 시점 제어가 힘든 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 RCCI(Reactivity controlled compression ignition) 방법이 많은 주목을 받고 있다. RCCI 엔진의 경우 일반적으로 두 가지의 연료를 사용한다. 첫 번째 연료는 고옥탄 연료를 흡입 과정 이전의 공기에 분사하여 균질한 혼합기를 유도 후 실린더 내 유입되도록 하고, 압축 과정 중에서 원하는 시점에 두 번째 연료인 고세탄 연료를 실린더 내 분사하여 자발화를 통한 연소를 유도한다. 이를 통해 HCCI 연소의 문제점인 연소 시점 제어를 쉽게 하며, 동시에 균질한 혼합기로 인해 적은 양의 배기 배출물이 생성되도록 하는 방법이다.

본 연구에서는 RCCI 방법을 적용한 엔진에 대한 수치 해석적 연구를 통하여 에혼합 챔버 내 분사된 에탄올 비율에 따른 실린더 내 당량비 분포도와 배기 배출물의 형성 및 산화에 미치는 영향을 조사하는 것을 목표로 하였다. 균질한 혼합기 유도를 위하여 고옥탄 연료인 에탄올을 적용하였으며, 흡기 이전의 에혼합 챔버에 분사되어 실린더 내 유입되도록 하였다. 또한, 에탄올의 분사량은 디젤의 연료량 14mg의 LHV(Low heating value) 값인 595J에 대한 동일 발열량을 기준으로 0%에서 40%까지 변경하였다. 수치해석에서 이를 구현하기 위하여 실린더 내 유입된 공기에 에탄올이 균일하게 혼합되었다고 가정하여 초기 공기 조성을 변경하여 이를 구현하였다. 수치 해석에서 물리적, 화학적 현상을 고려하기 위하여 연소 모델은 ECFM-3Z 모델을 적용하였으며, 연료 분사 분열 모델은 KH-RT 모델을 적용하였다. 동시에 연소특성 확인을 위해 IMEP와 당량비 분포도를, 배기 배출물 특성을 확인하기 위하여 ISNO, NO 분포도, ISCO, CO 분포도를 비교 분석하였다.

연구 결과, 에혼합 챔버내의 에탄올의 분사 비율이 증가할수록 ISNO 값이 감소하는 것을 확인할 수 있었으나, 낮은 연소 온도로 인하여 CO가 산화하지 못하여 ISCO 값이 증가하였다. 또한, 통전시기가 진작될 수록 최고 실린더 압력은 증가하였으나, 짧은 착화지연으로 인하여 압축일이 증가하여 지각된 통전시기와 비슷한 IMEP 값을 갖는 것으로 나타났다.