

단기통 수소-디젤 직분 엔진에서

연소 모드에 따른 연소 특성 변화에 관한 연구

김 기 연¹⁾·김 정 호²⁾·이 승 현²⁾·구 준 모¹⁾·김 정 기³⁾·손 종 윤¹⁾·민 경 덕²⁾·이 정 우^{*1)}충남대학교 자율운항시스템공학과¹⁾·서울대학교 기계공학과²⁾·충남대학교 선박해양공학과³⁾**Experimental research on the Combustion Characteristic Variations with
Combustion Modes in a Single-Cylinder Hydrogen–Diesel Direct Injection Engine**Kiyoon Kim¹⁾ · Jeongho Kim²⁾ · Seunghyun Lee²⁾ · Junmo Koo¹⁾ · Junggi Kim³⁾ · Jongyoon Son¹⁾· Kyoungdoug Min²⁾ · Jeongwoo Lee^{*1)}*Department of Autonomous Vehicle System Engineering, Chungnam National University¹⁾,**Department of Mechanical Engineering, Seoul National University²⁾**Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chungnam National University³⁾***Key words :** Carbon dioxide (이산화탄소), CI(압축착화), Diesel (디젤), Direct injection (직접분사), Hydrogen (수소), SI(전기점화)

교신저자, E-mail: jwoo@cnu.ac.kr

전 세계적 차원에서 탄소중립의 요구가 커져가고 있다. 이러한 상황에서 동력 및 발전 분야에서 화석연료를 기반으로 사용되던 내연기관은 탄소 배출의 주요원으로 지목되고 있다. 수소는 탄소를 포함하지 않는 연료로 내연기관에 적용시 탄소 배출에서 자유로울 수 있으나 낮은 최소 점화 에너지(0.02mJ)로 인한 역화 (backfire), 조기 점화 (pre-ignition)와 같은 이상 연소 현상이 발생할 수 있다. 또한 상온에서의 높은 체적으로 인하여 출력 향상을 위해서는 직접 분사방식이 필요하나, 낮은 분자량으로 인하여 쉽게 누설될 수 있다는 문제도 있다. 최근 기술 발전과 함께 상대적으로 높은 압력에서 수소 직접 분사가 가능한 인젝터 기술이 고도화되며 수소 직접 분사에 대한 연구는 활성화되고 있다.

수소는 높은 옥탄가 및 자발화 온도 특성으로 인하여 전기 점화 (SI)엔진에서 주로 연구되었다. 하지만 이상연소 감소 및 효율 상승을 위해 압축착화(CI)엔진 적용을 고려할 수 있다. 수소의 CI 연소 적용을 위해서는 디젤과 같은 고반응성 연료를 점화를 위하여 사용할 필요가 있다.

본 연구에서는 스파크 플러그, 디젤 인젝터, 수소 직분사 인젝터를 동시에 설치한 단일 엔진에서 수소의 SI연소와 CI 연소를 실험하여 연료의 연소 모드별 적용 가능성을 평가하였다. 400cc 급 단기통 엔진의 1500 rpm, 자연흡기 조건에서 실험을 수행하였다. CI 모드에서는 수소의 연소를 위하여 사용한 디젤의 영향으로 출력당 이산화탄소 배출량이 SI의 4.62 g/kWh 대비 CI에서 125.98 g/kWh로 상대적으로 컸으나 효율 측면에서는 대부분의 람다 구간에서 CI 연소가 SI 연소 대비 1%이상 높은 경향을 보임을 알 수 있었다. 더 높은 열효율 경향의 원인을 에너지 분율 분석(EFA)을 통해 확인하였으며 상대적으로 적은 열전달 손실로 인하여 CI가 SI대비 더 높은 열효율을 보이는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0023684, 산업혁신인재성장지원사업)과 한국산업기술평가관리원(NO. 20018473, 무탄소 수소연료 기반 직접분사식 수소엔진 원천기술 개발), 한국연구재단 우수신진연구(NO. 2710082861, 탄소중립 연료 기반 선박의 전상 연료 생산/개질 및 xH2/수소 융합연소 엔진 통합 시스템의 에너지 효율 분석 연구), 한국연구재단 미래유망융합기술 파이오니어(도전형)(NO. 2710085240, 플라스마 활용 촉매 및 고효율 H2/CO2 저장 기술 기반 on-board 개질기 및 H2/e-fuel 혼소 엔진 통합 시스템 개발)의 지원을 받아 진행된 연구이며 이에 감사의 뜻을 표합니다.