

선박용 수소/천연가스 디젤 이중연료 혼소 엔진에서

디젤 연료 분사 시기에 따른 연소 특성 비교

김 경 훈¹⁾ · 이 정 우¹⁾ · 김 민 기²⁾ · 박 찬 수²⁾ · 장 일 품¹⁾ · 박 경 태¹⁾ · 김 용 래²⁾ ·

장 형 준²⁾ · 박 철 웅^{2)*}

충남대학교 자율운항시스템공학과¹⁾·한국기계연구원 친환경모빌리티연구실²⁾

Effect of Diesel Injection Timing on Combustion Characteristics in a Marine

Hydrogen/Natural Gas Dual-Fuel Engine

Kyunghoon Kim¹⁾ · Jeongwoo Lee¹⁾ · Minki Kim²⁾ · Chansoo Park²⁾ · Ilpum Jang¹⁾ ·

Gyeongtae Park¹⁾ · Yongrae Kim²⁾ · Hyeongjun Jang²⁾ · Cheolwoong Park^{2)*}

Department of Autonomous Navigating Systems Engineering, Chungnam National University¹⁾,

Department of Eco-friendly Mobility Power, Korea Institute of Machinery and Materials²⁾

Key words : Hydrogen(수소); Natural Gas(천연가스); Dual-Fuel Combustion(이중연료 혼소); Diesel injection timing(디젤 분사시
기); Marine Engine(선박용 엔진);

, E-mail: cwpark@kimm.re.kr

국제사회의 온실가스 규제 강화에 대응하기 위해, 선박 동력기관에서 저탄소 또는 무탄소 연료의 활용이 필수적이다. 천연가스(Natural Gas, NG)는 주로 메탄(Methane, CH₄)로 구성된 저탄소 연료이며, 기존 선박 엔진용 화석 연료인 마린 디젤 오일(Marine Diesel Oil, MDO), 마린 가솔린(Marine Gas Oil, MGO) 대비 낮은 탄소 비율, 높은 연소 효율, 그리고 낮은 연소 온도 인해 이산화탄소(CO₂)와 질소산화물(NO_x) 배출을 줄일 수 있는 장점이 있어 현재 해운 분야에서 널리 사용되고 있다. 수소(H₂)는 연소 과정에서 CO₂를 전혀 배출하지 않는 무탄소 연료로 빠른 연소 속도와 넓은 가연 한계 특성으로 인해 차세대 연료로 각광받고 있다. 하지만, 조기점화(Pre-ignition), 노킹(Knocking)과 같은 이상연소 문제는 극복해야 할 과제이다.

현재까지의 선행연구는 두 연료를 동일한 엔진에서 직접 비교하기보다는 개별적으로 다루거나, 육상용 소형 엔진을 중심으로 수행된 경우가 많았다. 따라서 본 연구는 12.5L급 선박용 단기통 이중연료 혼소 엔진에서 천연가스와 수소 적용 시, 착화용 디젤 분사 시기가 연소 특성에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 수소와 천연가스는 전자제어식 솔레노이드 밸브를 통해 흡기 포트에 분사하여 예혼합기를 형성하였으며, 착화용 디젤은 실린더 내부로 직접 분사하였다. 실험은 엔진속도 900rpm, 엔진 정격 부하의 25%에 해당하는 조건에서 수행되었다.

주요 성능 지표로는 지시 열효율(Indicated Thermal Efficiency, ITE), 연소 안정성(Coefficient of Variation), 열방출률(Heat Release Rate, HRR)을 분석하였다. 배기배출물은 NO_x, THC, H₂, CH₄를 주요 배출물로 측정하였으며, 각 연료 별 디젤 분사 시기 변화 따른 차이를 비교하였다.

수소는 빠른 연소 속도 특성으로 인해 천연가스에 비해 연소 기간이 짧고, 열방출률이 급격히 상승하는 결과를 보였다. 두 연료 모두에서 디젤 분사 시기 변화에 따라 Pilot-DF 연소 모드와 HCCI(Homogeneous Charge Compression Ignition) 연소 모드를 확인할 수 있었다. 배기 배출물 특성 비교의 경우, 천연가스에서는 수소 대비 높은 수준의 CO₂, CO, THC 배출이 확인되었다.

본 연구를 통해 선박용 중속 디젤 이중연료 혼소 엔진 조건에서 수소와 천연가스의 연소 특성을 직접 비교함으로써, 향후 저탄소 및 무탄소 연료 적용을 위한 분사 전략 수립에 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

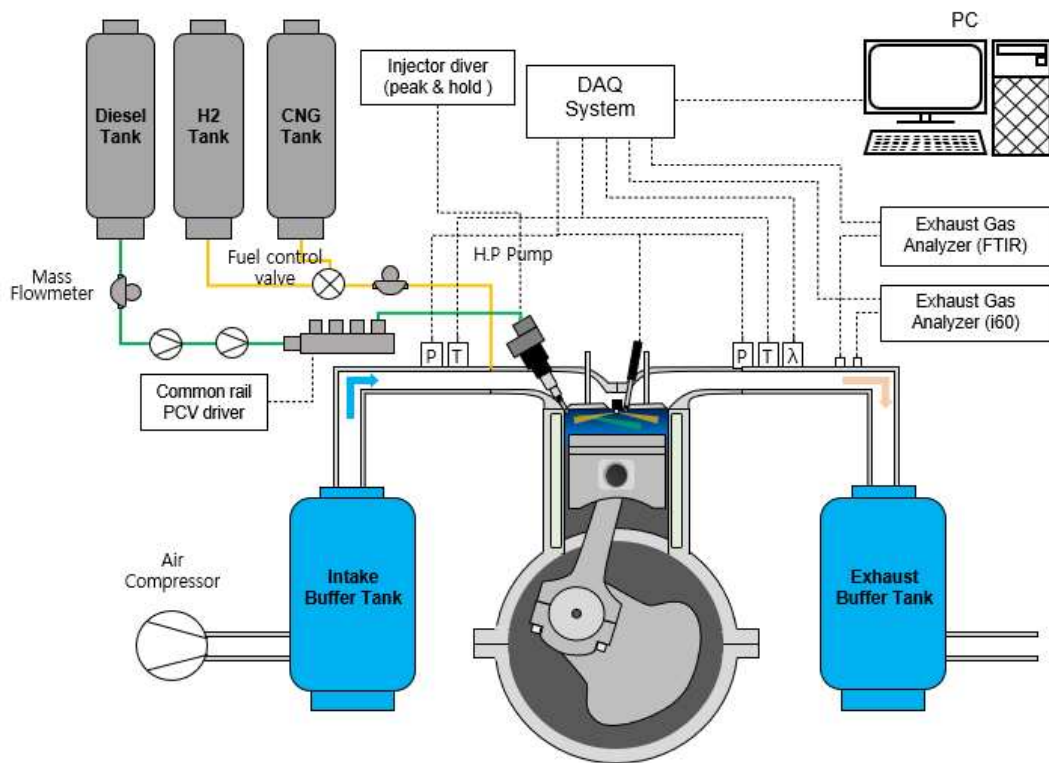


Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus

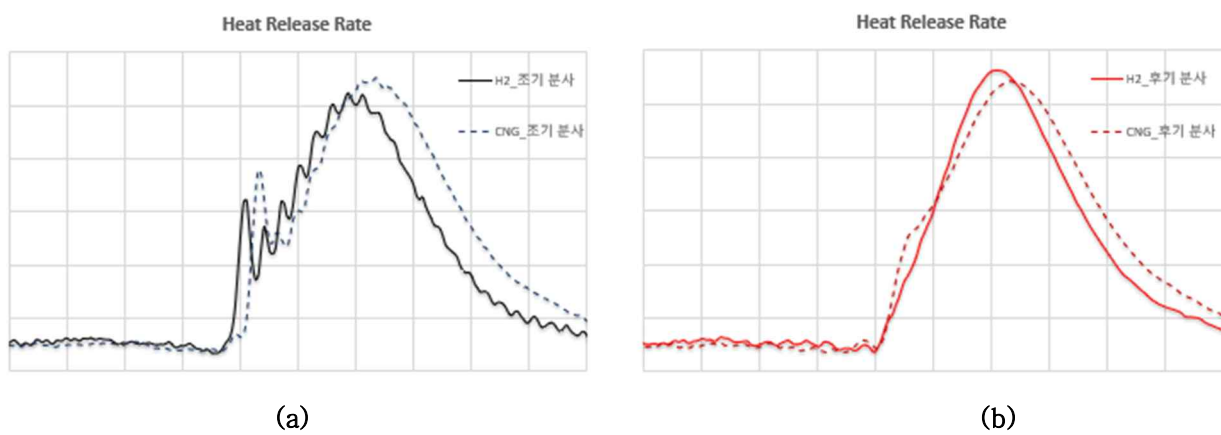


Figure 2. CNG & H₂ Heat release rate (a) Early injection (b) Late injection