

멀티홀 디젤 인젝터에서 분사된 암모니아와 디젤 분무의 분사율 특성 비교

박 선 호¹⁾·배 규 한¹⁾·문 석 수^{*1)}인하대학교 기계공학과¹⁾Comparative Study on Injection Rate Characteristics of
Ammonia and Diesel Sprays Injected by Multi-Hole Diesel InjectorSeonho Park¹⁾ · Gyuhan Bae¹⁾ · Seoksu Moon^{*1)}Inha University¹⁾**Key words** : Ammonia/Diesel Dual-Fuel Engine(암모니아/디젤 이중 연료 엔진), Multi-Hole Diesel Injector(멀티홀 디젤 인젝터), Fuel Injection rate(연료 분사율), Bosch-Tube Method (보쉬-튜브 기법), Flow Coefficient(유량계수)

* 교신저자, E-mail: 문석수, ss.moon@inha.ac.kr

수송 부문에서는 환경 규제에 대한 대응책으로 무탄소 연료인 암모니아가 내연기관 대체 연료로서 주목받고 있다. 특히, 선박용 추진 및 발전용 엔진으로는 암모니아를 주 연료로 사용하고 디젤을 점화용 파일럿 연료로 사용하는 암모니아/디젤 이중 연료 압축 점화 엔진이 개발되고 있다. 암모니아/디젤 이중 연료 엔진에서는 암모니아 비율이 연소 효율과 에너지 출력에 중요한 요소로 작용한다. 특히, 암모니아 비율이 높아질수록 연소 안정성과 자발화 특성이 크게 변화하기 때문에, 운전 조건에 따른 출력을 확보하기 위해 각 연료별 비율을 고려한 최적 분사전략 수립이 필수적이다. 이는 최적의 엔진 설계 및 운전을 위한 두 연료의 분무 특성에 대한 이해와 비교 분석과 직결된다. 그러나 기존 연구는 디젤 단일 연료의 분무 특성에만 국한되어 있다.

본 연구에서는 Bosch-Tube 기법이 적용된 분사율계를 사용하여 상용 멀티홀(8홀) 디젤 인젝터에서 분사된 암모니아와 디젤 연료의 분사율 특성을 비교하였다. 분사 조건은 암모니아/디젤 이중 연료 엔진 운전 조건을 고려하여, 분사 압력 30~70 MPa, 배압 1~3.5 MPa로 설정하였다. Fig. 1은 암모니아와 디젤의 분사율을 나타낸다. 암모니아의 분사 시작(SOI) 시점은 디젤보다 소폭 진각되었다. 이는 암모니아의 낮은 동점도로 인해 인젝터 니들거동에 낮은 점성 마찰력이 작용한 결과로 판단된다. 준정상 상태(Quasi-steady state)에서는 암모니아가 디젤보다 낮은 밀도에도 불구하고 더 높은 분사율을 보였다. 이는 동일 조건에서 암모니아가 디젤보다 높은 유량계수(C_d)를 가지는 것이 주요 원인으로 판단된다. 분사조건에 따른 유량계수(C_d)와 레이놀즈 수(Re) 관계를 나타낸 Fig. 2에서 볼 수 있듯이, 암모니아는 낮은 동점도로 인해 모든 분사조건에서 임계 레이놀즈 수를 초과하고, 이로 인해 디젤보다 더 높은 유량 계수를 가지는 것으로 나타났다. 암모니아의 분사 종료(EOI) 시점은 디젤보다 지연되었으며, 이는 암모니아의 낮은 체적 탄성계수가 원인으로 판단된다. 연료의 낮은 체적 탄성계수는 니들거동의 동인인 니들 상단의 압력챔버(Pressure chamber)와 니들 하단의 노즐 섹(Nozzle sac) 사이의 압력 차이를 감소시킨다. 따라서 암모니아의 니들거동이 둔화되어 분사 종료가 지연된 것으로 판단된다. 종합적으로, 동일 조건에서 암모니아의 분사량은 디젤 대비 약 14% 증가하였으나, 발열량을 고려한 에너지 출력은 암모니아가 디젤의 50% 수준으로 나타났다.

*이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임 (과제번호: 20017573)

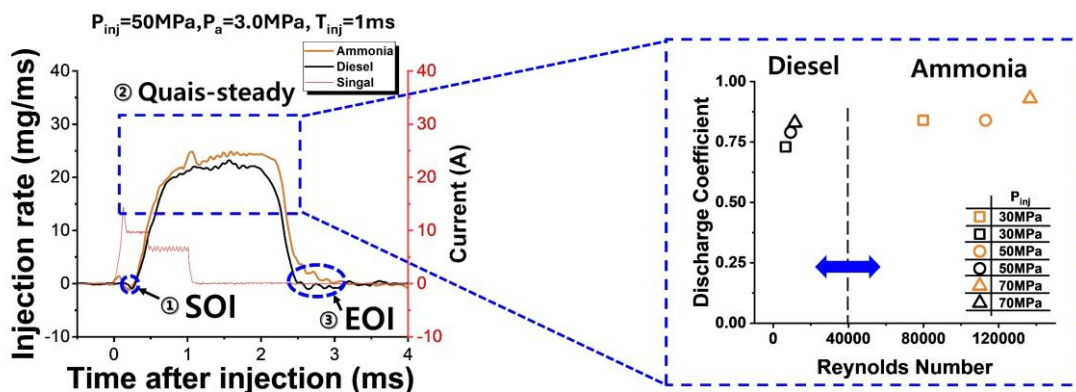


Fig. 1 Injection rates of ammonia and diesel

Fig. 2 Flow coefficients versus Reynolds number of ammonia and diesel