

## 수소 직분사 엔진의 후분사를 통한 질소산화물 저감: 화학반응론적 연구

이 승 현<sup>1)</sup> · 김 기 연<sup>2)</sup> · 오 세 철<sup>3)</sup> · 이 정 우<sup>2)</sup> · 김 용 래<sup>4)</sup> · 민 경 덕<sup>1)</sup>

서울대학교 기계공학부<sup>1)</sup>, 충남대학교 자율운항시스템공학과<sup>2)</sup>, 부산대학교 기계공학부<sup>3)</sup>, 한국기계연구원 친환경모빌리티연구실<sup>4)</sup>

### Study on the effect of post direct injection of hydrogen to reduce nitrogen oxides in hydrogen-fueled engine based on chemical kinetics

Seunghyun Lee<sup>1)</sup> · Kiyeon Kim<sup>2)</sup> · Sechul Oh<sup>3)</sup> · Jeongwoo Lee<sup>2)</sup> · Yongrae Kim<sup>4)</sup> · Kyoungdoug Min<sup>1)</sup>

*Seoul National University<sup>1)</sup>, Chungnam National University<sup>2)</sup>, Pusan National University<sup>3)</sup>, Korea Institute of Machinery and Materials<sup>4)</sup>*

**Key words** : Hydrogen (수소), Nitrogen Oxides (질소산화물), Hydrogen Direct Injection Engine (수소직분사엔진), Chemical Kinetics (화학반응론)

교신저자, E-mail: [sechuloh@pusan.ac.kr](mailto:sechuloh@pusan.ac.kr)

청정수소인증제를 필두로 하여 국내/외 다양한 연료 기반 에너지 유관 분야에서 수소를 친환경 연료로서 사용하려는 시도가 활발하게 이뤄지고 있다. 수소는 무게당 에너지 밀도가 높고 증류화염속도가 빨라 장거리 운행, 잦은 고부하 운전, 그리고 비행이 필요한 매체에 적합하며, 이를 고려하여 상용 차량이나 무인 항공기의 안정적인 동력원으로써 수소 연료 기반 엔진을 활용하려는 연구 개발이 진행되고 있다. 하지만 연소 과정에서 타 연료 대비 빠른 화염전파속도로 인해 실린더 내 온도를 지나치게 높여 thermal NOx 가 많이 생성되기 때문에, 이를 저감할 수 있는 전략이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 수소 직분사 엔진의 주요 운전점에서 발생하는 질소산화물을 효과적으로 저감하기 위해 수소 후분사 전략을 적용 및 검증하는 과정을 진행하였다. 연구 진행을 위해 2.0 L 터보 과급 SI 엔진을 수소 직분사에 맞게 개조하여 실험을 진행함으로써 수소 후분사의 질소산화물 저감을 우선적으로 확인하였다. 이후 해당 저감 반응을 검증하기 위해 실린더 내 온도, 압력 및 조성 조건에서 질소산화물과 수소의 반응을 OD chemical kinetics simulation을 통해 분석하였다. 이를 통해 통상적인 엔진 운전 time scale (2000-4000 RPM, 4행정 기준 단일 사이클당 30-60 msec) 및 온도, 압력 조건에서도 수소의 reburning 과정이 NOx species를 통해 발생할 수 있음을 확인하였다. 또한 질소산화물 저감 과정에서 후분사된 수소의 성층화가 반드시 필요하며, 완전 연소 이후 산소 농도가 적은 고부하 조건에서 이러한 후분사 전략이 적절함을 다양한 공연비 조건에서의 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

(본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20018473). 또한 본 연구는 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2024-00335567). 또한 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2022H1D8A3038633).)