

## 가솔린 및 디젤 엔진에서의 암모니아 이중연료 적용 연구

우영민\* · 장진영\* · 이영재\* · 김종남\*

### Ammonia Dual Fuel Approaches with Gasoline and Diesel in the Internal Combustion Engines

Y. Wooe\*, J.Y. Jang\*, Y.J. Lee\*, J.N. Kim\*

#### ABSTRACT

An ammonia fuel system is developed and applied to both a spark ignition engine and a compression ignition engine to use ammonia as primary fuel in this study. Ammonia is injected separately into the intake manifold in liquid phase while gasoline or diesel is also injected as secondary fuel. As ammonia burns 1/6 time slower than gasoline or diesel, the spark or diesel injection timing is needed to be advanced to have better combustion phasing. The test engine showed quite high variation in the power output with large amount of ammonia. The final goal of the study is to implement a methodology to ignite ammonia-air mixture and have complete combustion without any use of the conventional fuels.

**Key Words** : Ammonia, Dual fuel, IC engine, Ammonia slip, Ammonia combustion

화석연료의 고갈과 기후변화에 대응하기 위하여 에너지원의 다원화, 온실가스 저감 등을 기치로 각국에서 신재생에너지를 연료로 사용하는 자동차의 개발을 활발히 추진하고 있다. 더욱이 기존의 화석연료를 사용하는 자동차의 효율 향상으로는 온실가스 저감 목표 달성이 어렵기 때문에 수소와 같은 무탄소 연료의 적용이 요구되고 있다. 암모니아는 수소와 함께 대표적인 무탄소 연료로서 물과 공기로부터 합성하는 기술이 개발된다면, 자원고갈의 걱정이 없고 온실가스 감축에 크게 기여하는 등 두 가지 인류가 당면한 문제를 동시에 해결할 수 있는 획기적인 연료로 기대되고 있다.

암모니아는 대표적인 수소 운반체로 물리적 특성이 우수하여 수소의 저장과 이송 문제를 해결할 수 있는 유일한 대안으로 제시되고 있다. 따라서 암모니아는 수소연료의 운반체로 사용되거나, 암모니아 자체로서 수소의 대안연료로 제시되고 있어 수소경제시대의 주 연료로 다양한 응용분야에 활용될 것으로 예상된다.

암모니아 연료의 특징은 낮은 발열량과 650도의 높은 자발화온도에 있으나 이론당량비조건의

공기연료비가 6.0456으로 다른 연료에 비해 적어서 연료공기 혼합기 대비 열량으로는 가솔린, 디젤 등 기존 연료와 동등 이상의 수준에 해당한다.

그러나 암모니아의 연소속도는 가솔린 연료의 6분의 1정도로 엔진에 적용할 경우 고속영역에서 완전연소가 불리하다. 따라서 연소속도를 개선할 수 있도록 연소촉진물질을 혼입하여 연소특성을 개선하는 것이 필요하다. 또한, 암모니아는 자체로 일부 재료에 부식성을 가지고 있으며 이에 따라 엔진이나 차량적용을 위해서는 스테인레스 제철이나 테플론 재료를 적용하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 가솔린 및 디젤기관에서 암모니아를 사용하여 기존 연료 대체율을 높이는 것을 주목적이므로 선행연구의 내용을 검토한 결과 암모니아만으로 주행하는 것이 어렵기 때문에 기존 차량을 일부 연료시스템을 수정하여 암모니아와 함께 일부 가솔린 또는 디젤과 혼소함으로써 연소 특성을 개선하는 것으로 연구를 진행하였다.

전체 엔진실험 장치는 시험엔진에 암모니아 연료공급시스템을 장착하고, 두 가지 연료를 제어할 수 있는 프로그래머블 엔진제어장치(Programmable ECU)로부터 암모니아/가솔린, 암모니아/디젤 연료분사기를 각각 제어하였다.

\* 한국에너지기술연구원 에너지절약연구실

\*\* 한국에너지기술연구원 석유가스연구실

† 연락처자, [ywoo@kier.re.kr](mailto:ywoo@kier.re.kr)

TEL : (042)860-3039 FAX : (042)-860-3335

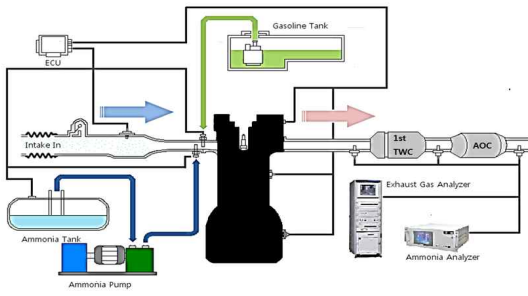


Fig. 1 Schematic of the test engine setup

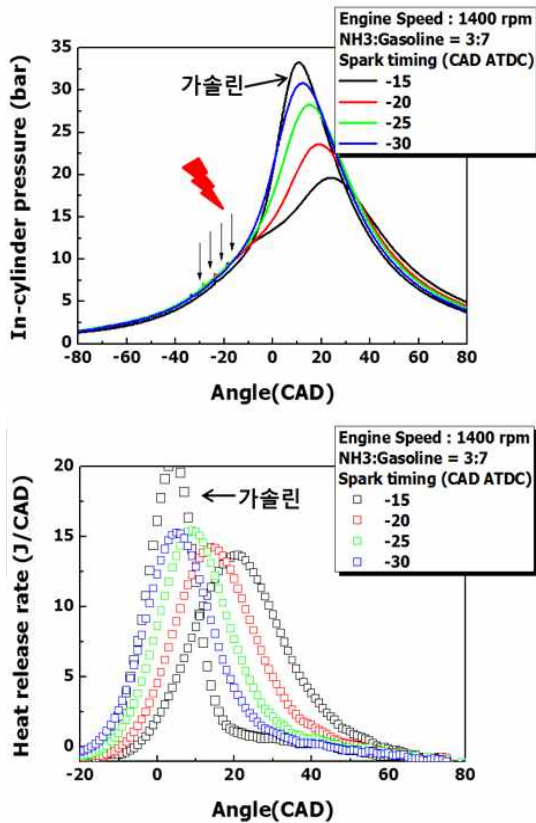


Fig. 2 Ammonia-gasoline dual fuel combustion characteristics

암모니아-가솔린 혼소 시스템에 대한 엔진 실험의 경우, 암모니아의 가솔린 대체량, 점화시기 등 여러 운전조건을 변경하며 엔진 성능 및 연소 특성을 확인하였다. 가솔린의 화염속도는 62 cm/s 인데 비하여 암모니아는 12 cm/s로 약 1/6의 낮은 값을 갖는다. 따라서 가솔린 엔진의 연소특성과 암모니아-가솔린 혼소 엔진의 연소특성을 비교해 보면, 암모니아의 느린 화염전파속도로 인하여 동일한 점화시기에 대하여 암모니아

-가솔린 Dual-fuel 엔진의 연소속도가 느린 것을 확인 할 수 있었으며, 따라서 Dual-fuel 엔진의 점화시기를 진각시켜야 가솔린과 비슷한 연소형태를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

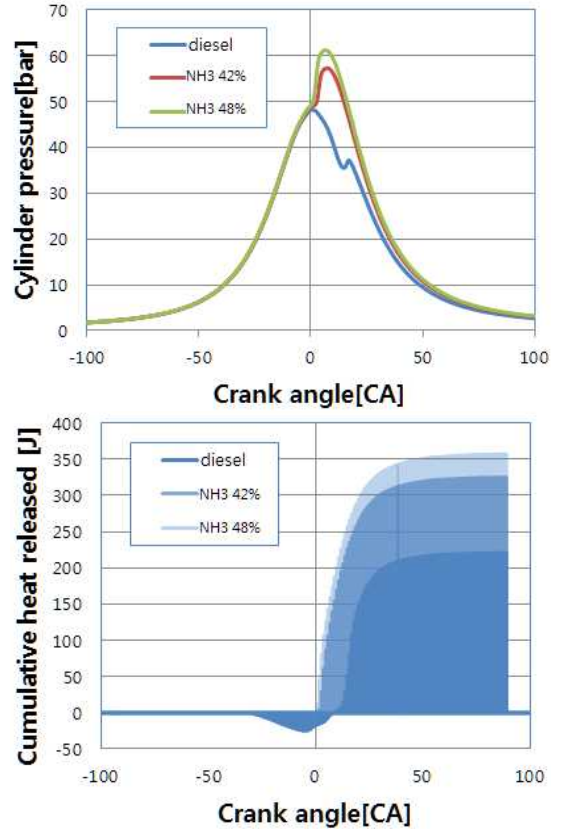


Fig. 3 Ammonia-diesel dual fuel combustion characteristics

암모니아-디젤 혼소 시스템에 대한 엔진 실험의 경우, 디젤 연료량을 고정시키고 엔진을 운전하는 상태에서 암모니아를 추가 공급하면서 디젤 대체량, 연료분사시기 등 여러 운전조건을 변경하며 엔진 성능 및 연소 특성을 확인하였다. 암모니아 분사량에 따라 연소속도가 느려지기 때문에 가솔린의 경우와 마찬가지로 분사시기를 진각시켜 연소특성을 개선할 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다(B4-2433-03).

## 참고 문헌

[1] C. Zamfirescu, I. Dincer, "Using ammonia as a sustainable fuel", Journal of Power

Sources." Vol. 185, 2008, pp. 459-465.

[2] J. Li, H. Huang, N. Kobayashi, Z. He, Y. Nagai, "Study on using hydrogen and ammonia as fuels: Combustion characteristics and NOx formation", Intl. J. of Energy Res.. 2014, online version.

[3] S. Grannell, The Operating Features of a Stoichiometric, Ammonia and Gasoline Dual Fueled Spark Ignition Engine, PhD Dissertation, The Univ. of Michigan, 2008

[4] A. J. Reiter, S-C Kong, "Combustion and emissions characteristics of compression-ignition engine using dual ammonia-diesel fuel," Fuel, 2011, pp. 87-97.

[5] S. Frigo, R. Gentili, "Analysis of the behaviour of a 4-stroke Si engine fuelled with ammonia and hydrogen," Intl. J. of Hydrogen Energy, vol. 38, 2013, pp. 1607-1615.