

LNG를 이용한 농용엔진의 성능특성에 관한 연구

A Study on Performance Characteristics of Farm Engine Using LNG

백 이* 유영선* 강금춘* 김영중* 조기현**

Y. Paek Y. S Ryou G. C Kang Y. J Kim K. H. Cho

*National Institute of Agricultural Engineering R. D. A.

**Dept. of Vehicle Machines, Kyongdo Provincial College, Yechon, Korea

서 론

국내 농용기관의 경우 디젤기관이 주종을 이루고 있으며, 농용 트랙터에 사용되고 있는 디젤기관의 연구, 개발은 에너지 절약 및 CO₂ 저감측면에서 활발히 추진되고 있다. 디젤기관의 경우 배출되는 연소생성 배출물은 CO, CO₂, HC, NO_x 및 SO₂ 등의 가스상 물질과 Soot등의 입자상물질(PM)로 구성되어 있으며, 가솔린기관 보다 NO_x와 PM이 많이 배출되므로 이의 저감 방안에 관심을 가져야하는 대상이다. 그러나, LNG는 디젤유에 비해, 연료로서 우수한 점이 있기 때문에 가정용, 공업용 등으로 확대, 보급되고 있으며 자동차의 연료로써도 각광을 받고 있다. 앞으로 LNG의 수요가 더욱더 늘어날 전망이다. LNG전용기관의 개발은 고갈되는 석유 연료의 대체 에너지로서의 성격을 가지지만, LNG기관은 배출가스로 인한 대기오염을 저감시킬 수 있는 청정에너지로서의 특성을 가지고 있다. 천연가스에 관한 연구로서는 김 등은 4행정 천연가스 희박연소엔진의 성능향상에 관한 연구로 희박연소한계를 넓혀 연료소비율, NO_x 및 CO를 저감하였다고 보고하였으며¹⁾, 민 등은 천연가스 조성이 CNG엔진의 탄화수소계 배기가스에 미치는 영향²⁾, 이 등은 천연가스조성이 CNG엔진의 배기가스에 미치는 영향³⁾ 이 등은 연료의 조성변화가 천연가스 차량의 연비 및 배출가스 특성에 미치는 영향으로 단위질량당 발열량은 높지만 단위체적당 발열량이 낮아 충전효율이 저하된다고 보고되고 있다⁴⁾.

따라서 디젤기관을 LNG기관으로 개조하였을 때, EPA(Environmental protection agency)의 노외(off road)엔진의 배기가스 규제치를 만족하여야 함은 당연하며, 또한 기존 디젤 농용기관의 동력 전달계를 가능한 그대로 사용하기 위한 관점에서, 엔진최고속도, 최대토크 및 출력 등의 동력성능이 기존 디젤기관과 동일한 수준으로 유지될 것이 요망된다.

따라서, 본 연구를 통하여 개발하고자 하는 농용 LNG기관의 개발 목표는 성능을 기존 디젤기관과 동일한 성능을 유지하는데 주안점을 두었다. 디젤 3기통 기관을 개조하여, 먼저 가솔린 연료와의 출력특성과 연료소비율, 배기생성물등을 수행함으로써, 농용 LNG 기관의 대체 가능성을 타진함과 동시에 LNG기관의 개발에 필요한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

가. 실험장치

실험엔진은 1300cc급 LNG엔진으로 주요 제원을 표1에 나타내었다. 실험장치는 그림 1에서 보는 바와 같이 흡입계통, 실험기관, 와전류식 전기 동력계(Froud Korea, AG 80), 연료공급장치, 배기계통, 배기가스 분석장치(HAC 4000) 등으로 구성되어 있고, 각

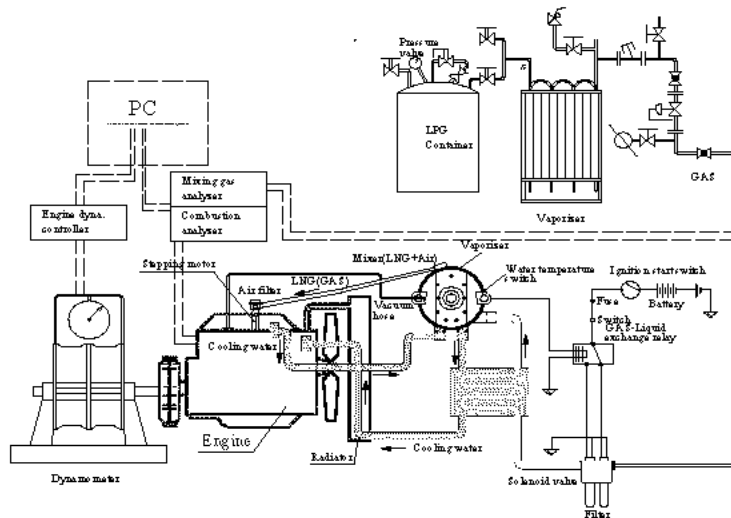


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

Table 1. Specification of the LNG Engine.

Content	Specifications
Type	LNG engine
Rated Output	16.2kW/2,600rpm
Max. Torque	75N.m/1,600rpm
Cylinder number & array	3-cylinders, vertical type
Compression ratio	10 : 1

부분의 필요한 곳에 온도를 측정할 수 있도록 하였다. 전기점화기관의 점화에너지에 요구되는 고에너지 점화장치를 구성하였으며, 엔진의 출력성능 및 연소성능의 최적화를 기하였다. 또한, 배전기는 무점점식으로 엔진의 연료펌프 구동축 부위에 개조하였으며, 점화플러그는 간극 1.0mm로 설치하였다. 점화플러그를 장착하기 위해서 디젤기관의 실린더헤드를 일부 개조한 후, 점화플러그를 설치하였으며, 한편 디젤기관의 압축비가 LNG기관에 비해 높기 때문에 압축비를 낮추기 위해 일반 구조용 평판을 정밀 연삭 가공 후 시임의 두께를 3.5mm로 제작하여 실린더 헤드와 블록사이에 삽입시켰다. 이때의

압축비는 10:1로 조정하였다.

라. 실험방법

공회전시 기관이 최대 토크를 발생하기 위하여 공기연료의 혼합비, 점화시기, 압축비 등의 최적운전 조건을 각 연료의 특성에 맞게 조정 하였다. 기화기내의 공기와 연료의 혼합비는 WOT상태에서 오리피스 유량계로부터 측정된 공기의 량과 연료소비량계로 측정하여 기준 공연비로 하였으며, 또 점화시기는 MBT로 하였다.

결과 및 고찰

공시기관의 기본성능을 일반적인 엔진성능 특성곡선과 정상적이며 동일한 경향을 보이고 있어서 LNG의 사용실험에 사용하는 것이 타당한 것으로 판단되었다. 특히, 농용 기관의 특징은 자동차용 기관과는 달리 실린더 블록의 강성과 전차축의 지지, 유압펌프 구동 및 저속영역에서의 고 토크가 요구되므로 농용 디젤기관을 개조하여 LNG기관으로 개발하는 것이 더 효율적이라고 생각되었다.

가. 기관출력

그림 5는 동일 기관으로서 LNG 연료와 가솔린 연료를 사용하여 기관회전수 변화에 대해출력을 나타낸 것이다. 기준 운전 조건은 A/F 1.7, CR 9.5, WOT, MBT이었다. 그림에서보는 바와 같이 기관 회전속도가 증가함에 따라 LNG 연료 사용시에 출력이 가솔린 연료보다 출력이 저하함을 보여주고 있으며, 최대토크를 나타내는 기관의 회전속도인 1600rpm에서는 가솔린의 출력이 약 5%증가하였고, 최대출력을 나타내는 기관 회전속도인 2800rpm의 경우에는 가솔린에서의 출력이 약 10%의 증가를 보였으며, 기관의 회전속도가 증가 할수록 연료에 따라 출력차이가 커지는 경향을 보여주고 있다. LNG기관이 출력이 낮은 이유는 연소속도가 느리며, 연료공기혼합기의 단위체적당 발열량이 상대적으로 낮은 등의 LNG연료의 특성으로 판단된다.

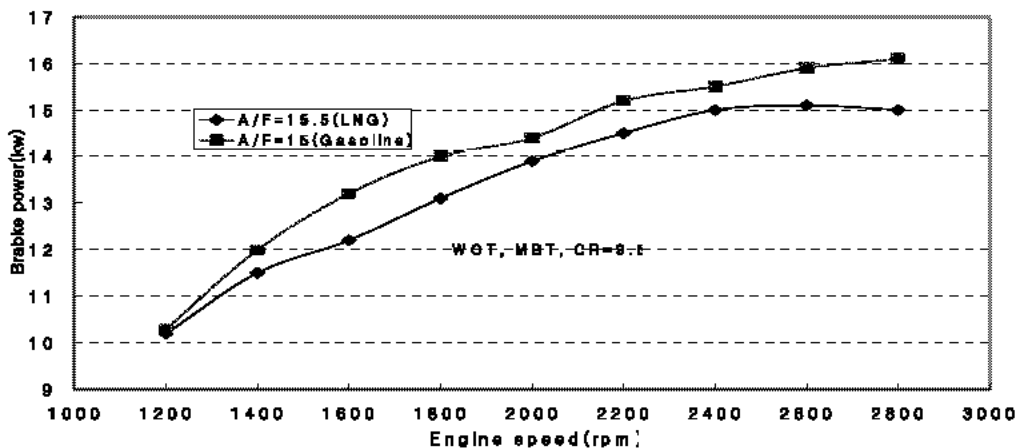


Fig. 2 Brake power as a function of engine speed in LNG engine and gasoline engine.

나. 연료소비율

그림 6은 기관의 기준운전 조건에서 LNG를 연료로 사용하며 기관 회전속도 1600rpm 일때기관부하율과 공기연료비 변화에 대한 제동 연료소비율의 변화를 나타낸 것이다. 그림 6에서 보는 바와 같이 부하율(load fraction)이 증가함에 따라 연료소비율은 감소하였으며, 4/4부하에서 1/4부하로 부하를 내리면 희박연소한계 LML(Lean misfire limit)는 공기 연료비로서 약 27% 확장되었다. 또한 부하율이 증가함에 따라서 제동연료소비율이 감소하였으며 최소의 연료소비율 및 희박한계가 발생하는 공기연료비도 점점 희박영역으로 옮겨지게 되므로, 연료소비율과 배기배출물 특성을 개선시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

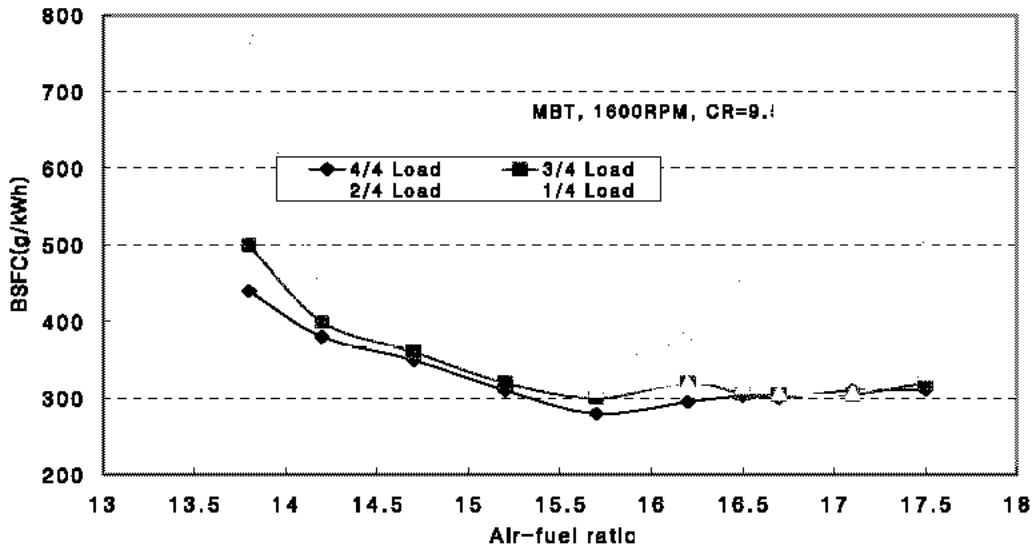


Fig. 3 Brake specific fuel consumption for each load fraction as a function of air fuel ratio at CR 9.5 in LPG engine.

다. HC의 농도

그림 7은 LNG와 가솔린 사용시 공기 연료 당량비 변화에 대한 HC 발생량의 변화를 나타낸 것이다. 공기연료 당량비 ϕ 1.0보다 크거나 작은 경우에 즉 희박하거나 농후할 수 록HC 발생량이 증가함을 보여주고 있는데 이는 당량비 이외의 범위에서는 연소온도가 낮게되어 HC의 발생이 증가하게 되는 것으로 나타났다.

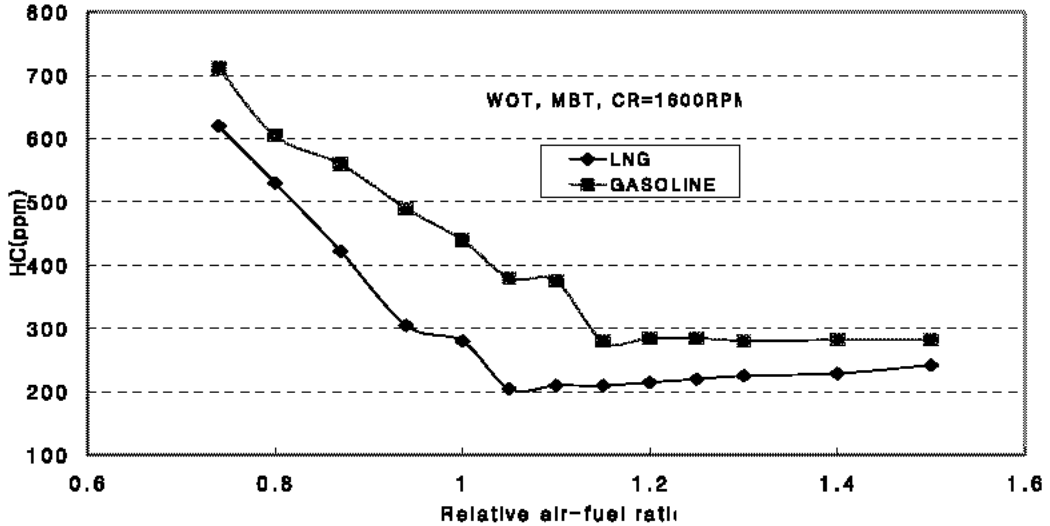


Fig. 4 HC emission as a function of relative air fuel ratio in LNG engine.

라. CO의 농도

그림 8은 LNG와 가솔린기관 사용시 공기연료 당량비에 대한 CO발생량의 변화를 나타낸것이다. 당량비가 농후한 영역에서 LNG의 경우가 가솔린의 경우보다 CO의 발생이 저감되고 있음을 보여주고 있다. 이는 연소속도가 빠르고 연료자체의 탄소성분이 적기 때문인 것으로 판단되었다.

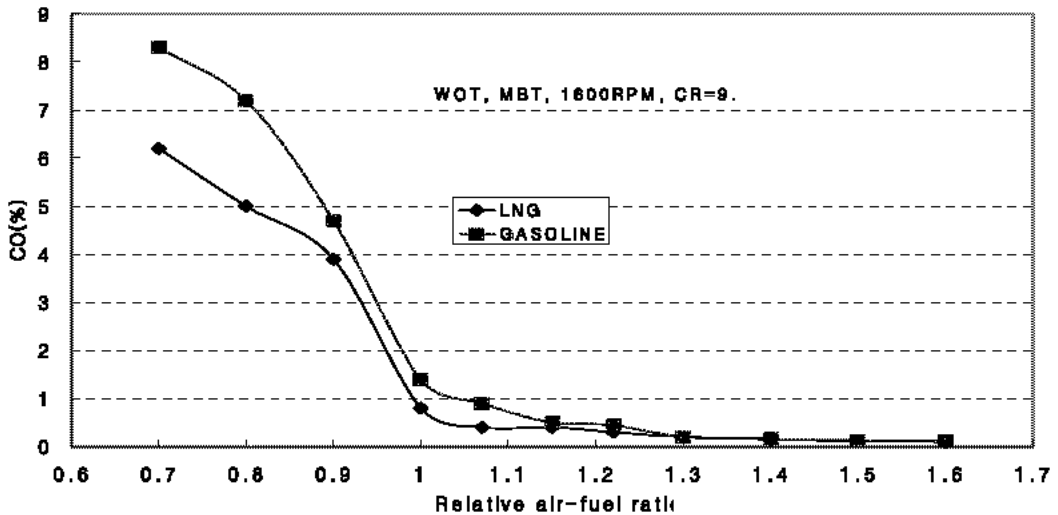


Fig. 5 CO emission as a function of relative air fuel ratio in LNG engine.

마. NOx의 농도

그림 9는 LNG와 가솔린 사용시 공기 연료 당량비 변화에 따른 NOx의 배출 농도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 LNG의 경우 가솔린의 경우에 비해 질소산화

물 배출농도가 공기 연료 당량비 $\phi 1.0$ 에서 약 27% 저감되는 것을 볼 수 있는데, 이는 LNG가 연소시의 연소온도가 가솔린보다 낮기 때문인 것으로 판단된다. 한편 질소산화물 배출농도의 최고치는 LNG연료나 가솔린연료 모두가 약간 희박한 영역에서 나타나고 있다.

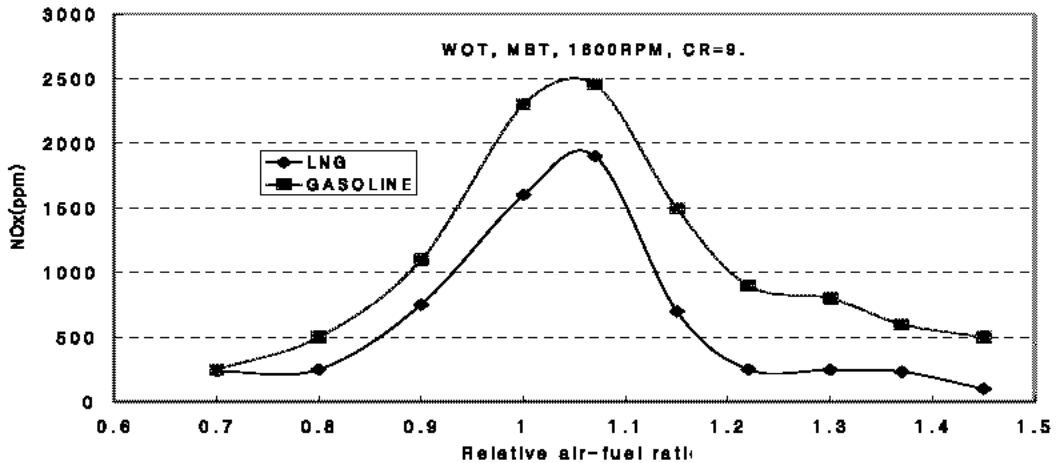


Fig. 4 NOx emission as a function of relative air fuel ratio in LNG engine.

요약 및 결론

본 연구는 수냉식 4 사이클 3기통 디젤기관을 개조하여, 기관의 회전수, 공연비, 당량비 등을 변화시키면서 출력, 연료소비율, HC, CO, NOx 배출농도를 비교 분석하였던 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) LNG기관의 출력은 회전수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 가솔린에 비해 약10%의 출력저하를 나타냈다.
- 2) LNG기관의 연료소비율은 부하율의 증가에 따라 감소하였고, 희박영역에서도 낮게 나타났다.
- 3) 탄화수소, 일산화탄소 및 질소산화물은 LNG 사용시에 가솔린 사용시에 비해 모두 낮게 나타내었다.

인용문헌

1. 김창엽, 김창기, 김성수, 방효선, 한정옥, 조양수. 4행정 천연가스 희박연소엔진의 성능향상에 관한 연구. 자동차공학회지. 13(3) pp 49 57. 1991
2. 민병혁. 천연가스조성이 CNG엔진의 탄화수소계 배기가스에 미치는 영향. 고려대학교석사논문. 1997
3. 이남권. 천연가스조성이 CNG엔진의 배기가스에 미치는 영향. 고려대학교석사논문. 1998
4. 이영재, 김강출. 연료의 조성변화가 천연가스 차량의 연비 및 배출가스 특성에 미치는 영향. 한국자동차공학회지. 7(8) pp 121 131. 1999