

노후 디젤차량으로부터 전소 천연가스자동차로의 개조 기술 개발

유경현^{*1)} · 김봉규²⁾

국립군산대학교 기계공학부¹⁾ · 한국가스공사 연구개발원²⁾

Development of Conversion Technology of a Decrepit Diesel Vehicle to the Dedicated Natural Gas Vehicle

Kyunghyun Ryu^{*1)} · Bongkyu Kim²⁾

¹⁾School of Mechanical Engineering, Kunsan National University, Jeonbuk 573-701, Korea

²⁾R&D Division, Korea Gas Corporation, Il-dong, Sangrok-gu, Ansan-si, Gyeonggi 426-790, Korea

(Received 13 February 2006 / Accepted 24 July 2006)

Abstract : A commercial diesel engine was converted into a dedicated natural gas engine to reduce the exhaust emissions in a retrofit of a diesel-fueled vehicle. The cylinder head and piston were remodeled into engine parts suited for a spark ignition engine using natural gas. The remodeling of the combustion chamber changed the compression ratio from 21.5 to 10.5. A multi-point port injection (MPI) system for a dedicated natural gas engine was also adopted to increase the engine power and torque through improved volumetric efficiency, to allow a rapid engine response to changes in throttle position, and to control the precise equivalence ratio during cold-start and engine warm-up. The performance and exhaust emissions of the retrofitted natural gas engine after remodeling a diesel engine are investigated. The emissions of the retrofitted natural gas engine were low enough to satisfy the limits for a transitional low emission vehicle (TLEV) in Korea. We concluded that a diesel engine can be effectively converted into a dedicated natural gas engine without any deterioration in engine performance or exhaust emissions.

Key words : Diesel engine(디젤기관), Natural gas engine(천연가스엔진), Retrofit(개조), Smoke(매연), NOx(질소산화물), Dedicated(전소)

1. 서론

날로 심각해지는 대기오염으로 시정장애 현상과 폐질환 등의 인체에 대한 질환경문제가 발생함에 따라 대기질을 개선하기 위한 각종 오염물질 저감 대책들이 강구되고 있으며, 관련 법률도 제정되고 있는 실정이다. 특히, 대기오염물질의 주원인중의 하나인 경유자동차의 유해 배출가스를 저감하기 위하여, 환경부는 수도권을 중심으로 대기환경보전법과 함께 「수도권대기환경개선에 관한 특별법」을 2003

년 12월 31일에 국회를 통과시켰고, 그 후속으로 시행령 및 시행규칙을 입법예고하였다.

신규 제작차에 대한 대책으로는 배출허용기준을 '06년 EURO-4 수준, '10년 EURO-5 수준으로 강화하거나 저공해자동차를 보급하는 방안으로 접근하면 쉽게 해결되지만, 현재 운행중인 차량에 대해서는 배출가스를 저감시키기 위한 방안을 특별히 강구하지 않으면 안되는 실정이다. 따라서, 환경부에서는 수도권 대기개선대책의 일환으로 운행차정밀 검사 대상 확대, 배출가스 규제 강화, 그리고, 배출가스저감장치 부착 및 저공해엔진 개조, 노후차 조

*Corresponding author, E-mail: khryu@kunsan.ac.kr

기폐차 등의 방안을 특별히 추진하고 있는 실정이다.¹⁾

이 중에서도 운행중인 차량 5·8년된 경유자동차에 한하여 저공해 LPG나 CNG로 개조하여 보급하는 방안을 추진하여 왔고, LPG에 대한 시범 개조사업은 '04년도부터 추진하여 어느 정도 성과를 거두었으나 CNG로의 전환 기술은 아직 미흡한 실정이다.

환경친화적인 자동차에 대한 욕구 증대로 보급되기 시작한 천연가스자동차(NGV)는 대기오염물질의 저감효과가 뚜렷하고 에너지안보 측면에서도 그 중요도가 높아 보급 수요가 나날이 증가하여, 현재 천연가스자동차의 보급대수가 국내에서는 시내버스를 중심으로 8,665대('05.12.31)²⁾가 보급되었고 전세계적으로 약 464만여대('06.1)³⁾가 보급되어 있다.

관련 연구동향을 살펴보면, 국내에서는 Joo 등⁴⁾은 2.5톤 트럭의 경유자동차를 믹서방식의 천연가스자동차로 개조하여 성능을 평가한 결과, 흡기관 내의 저압분사인 믹서방식으로 인해 고회전에서 출력이 약간 떨어졌다고 보고하였으나, Han 등을 비롯한 연구들^{5,6)}에서는 경유자동차를 천연가스자동차로 구조 변경하여 운행한 결과 개조된 천연가스자동차가 저공해자동차로서 우수한 특성을 보여주었다고 보고하기도 하였다.

한편, 일본⁷⁾에서는 2004년 6월부터 전국을 대상으로 운행 중인 경유트럭을 천연가스자동차로 변경하는 것에 대하여 국토교통성에서 적극적으로 지원을 하고 있으며, 가스회사와 개조회사가 중심이 되어 사업화를 본격적으로 준비하고 있는 실정이다.

미국에서는 Clean Air Power사가 독자적으로 개발한 LNG 혼소시스템을 이용하여 대형물류트럭을 중심으로 기존 디젤트럭엔진을 변경하여 사업을 영위하고 있다. 이 회사는 미국뿐만 아니라 영국 등의 유럽시장에 적극적으로 진출하고 있으며 그 시장규모도 매년 크게 성장하고 있다. 한편, LNG 혼소개조에 대한 지원은 각 국 정부(혹은 지방자치단체)의 환경규제와 차량소유주의 연료비 절감에 의하여 개조비를 회수하고 있다.

이처럼 천연가스 자동차는 엔진성능 뿐만 아니라 배출가스 저감효과가 커서 저공해 자동차로서 인식되어 왔으나, 경유자동차를 천연가스자동차로 개조하는 경우에 있어서는 압축착화방식을 불꽃점화방

식으로 변경하고, 엔진 연소실을 개조해야하기 때문에 그에 따른 기관 출력 및 배출가스 성능에 대한 평가도 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 운행중인 1톤 경유자동차의 엔진을 천연가스를 사용하는 저공해엔진으로 개조하였을 경우, 기관 성능의 변화 및 배기 배출물 특성을 파악하고 저공해 자동차로서의 개조 기술을 확보하고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 압축착화방식의 디젤기관 차량인 1999년식 1톤 경유 트럭(KIA, Bongo Frontier)을 불꽃점화 방식의 천연가스차량으로 개조하기 위하여 연소실 형상, 연료공급 및 제어시스템, 그리고 점화시스템의 구조를 변경하였다.

2.1 엔진 사양 및 주요 개조 장치

Table 1은 본 연구에 사용된 차량에 탑재한 엔진의 제원과 CNG 엔진으로 개조한 후의 변경된 제원들을 나타낸 것으로, 배기량이 2957cc이고 압축비가 21.5인 디젤엔진을 동일한 배기량인면서 압축비가 10.5인 불꽃점화방식의 천연가스엔진으로 개조하였다. 디젤엔진에 장착되었던 In-line type의 연료분사펌프와 연료분사기는 탈착하여 제거하였으며, 연료분사기를 탈착한 위치에 점화플러그를 장착하여 불꽃점화시스템으로 구조를 변경하여 최종 건조

Table 1 Specifications of diesel engine

	Diesel engine (개조 전)	CNG engine (개조 후)
Engine model	JT(1999년식)	←
Engine type	In-Line 4	←
Aspiration method	NA	←
Displacement (cc)	2,957	←
Bore×Stroke (mm)	98×98	←
Combustion chamber	IDI	Bath tub
Ignition type	CI	SI
Compression ratio	21.5	10.5
Max. Power (PS/rpm)	90.0/4,000	90.9/4,000
Max. Torque (kg · m/rpm)	20.7/2,000	23.0/2,000
Fuel tank size	Diesel fuel 60 ℓ	CNG 200 ℓ
Dry weight (kg)	223	215

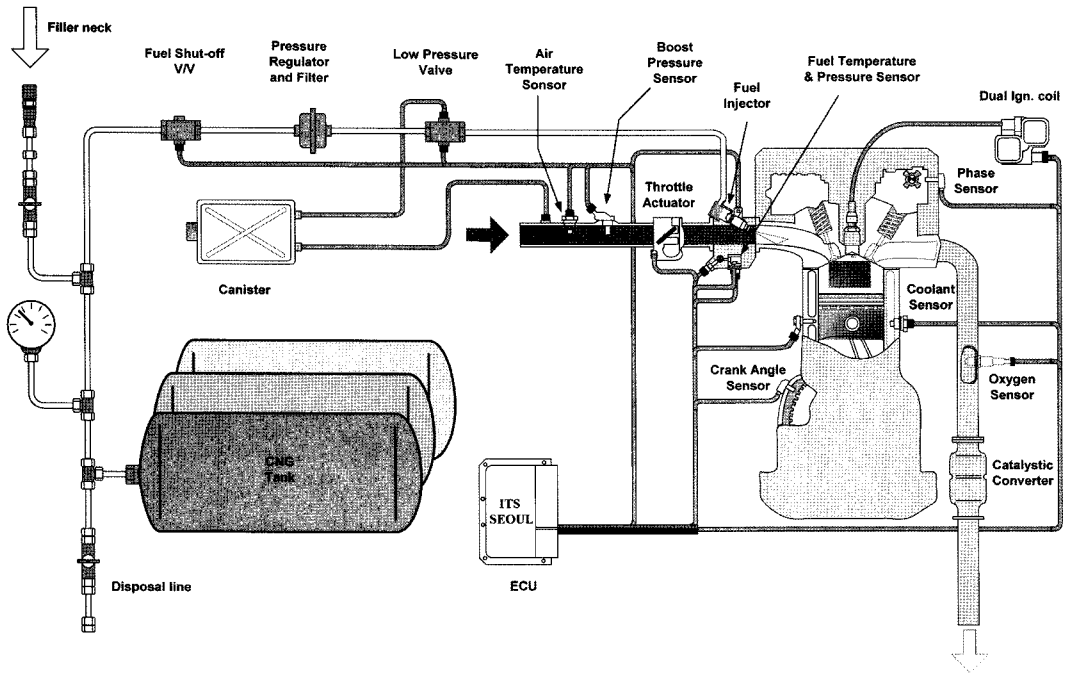


Fig. 1 Schematic diagram of CNG engine system

중량은 223kg에서 215kg으로 줄어들었다.

Fig. 1은 디젤엔진시스템을 개조한 CNG 엔진 시스템의 개략도를 나타낸 것이다.

2.2 연소실 및 피스톤 변경

천연가스엔진은 스파크점화에 의한 Otto사이클 방식으로 연소되기 때문에 기존 디젤엔진의 압축비를 낮추어 노킹을 방지할 필요가 있다. 또한, 천연가스와 공기의 혼합을 촉진하여 연소를 개선하기 위해서는 연소실 형상도 변경할 필요가 있다. 따라서, 기존 경유엔진의 부연소실을 연소실 형상에 맞게 가공하였으며, 기존 피스톤을 생산성이 용이하고 기계가공이 용이하도록 설계하여 압축비를 21.5에서 10.5로 낮추고, 연소실 형상도 욱조형(bath type)으로 변경하였다.

Fig. 2는 실린더 헤드를 CNG 엔진에 맞게 가공한 사진을 나타낸 것으로, 경유 인젝터를 탈착하고 동일한 자리에 점화플러그를 장착하여 부연소실로 점화플러그가 삽입되도록 하였다. 부연소실로 삽입된 점화플러그가 주연소실의 연료에 효과적으로 접근할 수 있도록 하기 위해 주연소실과 부연소실의 연

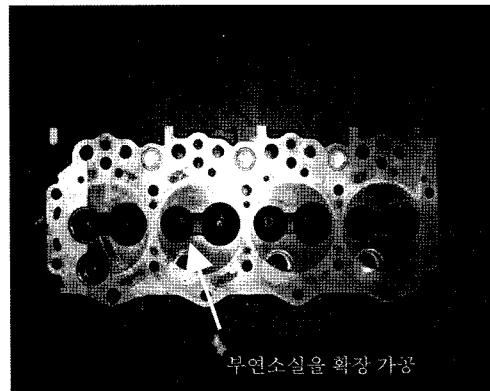


Fig. 2 Retrofit cylinder head

결통로를 그림에 나타난 바와 같이 확장하여 가공하였다.

Fig. 3은 본 연구에 사용하기 위하여 새롭게 가공하여 제작한 CNG 엔진용 피스톤을 나타낸 것이다. 기존 경유엔진에 사용되던 피스톤을 이용하여 가공한 것으로, 압축비가 10.5가 될 수 있도록 피스톤의 헤드를 절삭 가공하고 피스톤의 중심부가 욱조형이 되도록 설계 가공하였으며, 노킹이 발생하지 않도록 원주 선단들의 날카로운 부분은 제거하였다.

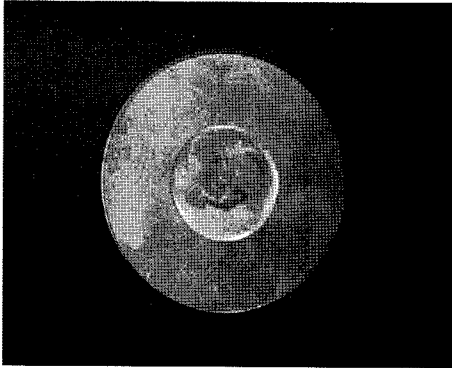


Fig. 3 Retrofit piston

2.3 크랭크각 검출 및 점화시스템 장착

점화 및 연료공급 제어를 위해서는 정확한 크랭크각을 검출해야 한다. 본 연구에서는 안정적이고 정확한 크랭크각을 검출하기 위해 플라이 휠(fly-wheel)에 60개의 홈을 가공하였다. Fig. 4는 점화 및 연료 공급제어를 위해 정확한 크랭크각 위치를 검출할 수 있도록 만든 플라이휠을 나타낸 것이다.

압축착화방식의 기존 경유엔진을 스파크점화방식으로 개조하기 위하여 트랜지스터식 점화장치를 부착하고, 기존 실린더헤드의 연료분사노즐을 탈착한 후 장착부위를 가공하여 점화플러그를 장착할 수 있도록 하였으며 부연소실 내부로 점화플러그가 삽입될 수 있도록 구조 변경하였다. 점화플러그는 내구 신뢰성이 확보된 저열가의 천연가스 엔진용을 사용하였으며, 기관의 회전속도 및 운전조건에 따라 전자제어시스템(ECU)에 의해 점화시기가 제어 되도록 하였다. Fig. 5는 본 연구에 사용된 ECU(ITS Seoul, F_ECU_01)를 나타낸 것이다.

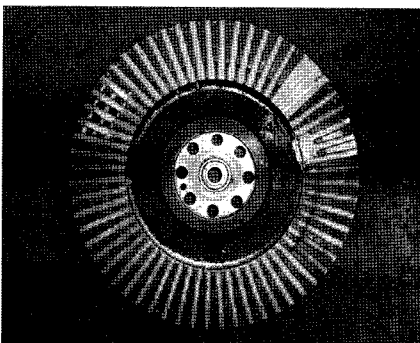


Fig. 4 Retrofit flywheel with crank angle signal

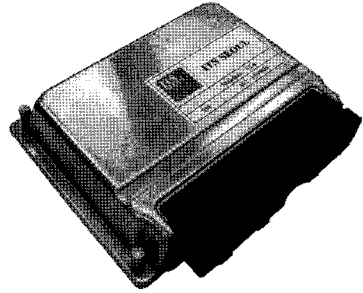


Fig. 5 ECU for natural gas engine

2.4 연료공급 및 제어시스템

CNG 연료분사 방식 시스템은 엔진의 부압에 의존한 기계식 혼합(mixer) 방식을 탈피하여 흡기다기관에 인젝터를 설치하고 고압으로 송출되는 연료를 압력조절기(regulator)를 통해 인젝터로 흡기포트에 분사하는 MPI(Multi-Point Injection) 방식을 채택하였다. 이를 위하여 경유엔진의 연료 분사펌프 및 분사노즐을 탈거하고, 압력 조절기 및 인젝터로 구성되는 천연가스 연료공급계를 장착하였다. 압력 조절기는 1단의 고압 레귤레이터와 2단의 저압 레귤레이터를 채용하였다. 1차 고압 조절기를 통하여 CNG 탱크에서 공급되는 연료(최대압력 200bar)를 일정한 분사압 8bar 으로 감압하고 인젝터 선단에 장착된 저압 레귤레이터를 통해 각 흡기포트에 장착된 인젝터로 일정압력으로 연료를 공급한다.

엔진이 냉각 또는 과부하 상태이면, 개회로(open loop) 제어를 수행하여 고농도의 공기-연료 혼합기를 공급하도록 ECU(ITS Seoul, F_ECU_01)를 통해 제어하고, 엔진이 난기 상태 또는 정상 상태 하에서 작동 중일 때는 폐회로(closed loop) 상에서 배기과이프에 장착된 산소센서의 신호를 바탕으로 이론공연비로 제어하여 3원 촉매가 최상의 성능을 발휘하도록 하였다.

한편, 엔진 공회전속도 제어는 공회전 조건에 따른 최적의 공회전 속도를 유지하기 위하여, 스톱 밸브를 지나는 바이패스 공기량을 ECU를 통하여 공회전속도제어(ISC) 모터를 구동하여 조절하였다.

연료탱크는 기존의 경유탱크를 탈거하고, 200리터 용량의 CNG 탱크(NK사)를 화물칸에 장착하였다.

CNG 연료 분사 방식의 구성품은 차압을 유지하는 기능과 각종 센서가 장착된 압력조절기(regulator

unit)와 인젝터, 연료라인 등으로 구성된 흡기 다기관 모듈로 이루어져 있으며, CNG 연료 분사 방식은 연료탱크의 연료를 인젝터를 통하여 분사하는 방식으로 가솔린 엔진과 유사한 구조로 구성되어 있다. 통상적인 연료배관의 압력은 8~10bar를 유지하며, 압력 레귤레이터에 장착된 온도센서, 압력센서를 통해 CNG 연료 분사 장치의 연료배관 내의 연료에 대한 압력 및 온도데이터를 ECU로 송출한다. ECU는 압력 레귤레이터로부터 송출받은 자료를 분석하여 인젝터의 연료 분사량을 결정하고 인젝터에서 최적의 조건의 연료를 분사하도록 지시한다.

또한, 스파크점화 가스엔진에서는 쓰로틀밸브에 의해 엔진 흡기계를 교축하여 흡입공기량을 제어하고 이에 맞추어 연료량을 제어함으로써 부하를 제어하기 때문에 흡기다기관의 진단을 개조하여 동급의 흡기유량 특성을 갖는 가솔린엔진용 드로틀바다를 장착하였다.

한편, 공기과잉율을 1.0보다 크게 하면, 희박연소가 되어 에너지소비율이 저감되고 배기온도가 낮아져서 내구성 측면에서 유리하지만, 출력이 감소하기 때문에 화물을 주로 사용하는 차량에 적용하기 어렵게 된다. 따라서, 개조 엔진은 이론공연비 연소방식을 채택하였으며 유해배출가스의 저감을 위하여 배기관에 3원촉매를 장착하였다. 삼원촉매를 사용하는 이론공연비 제어엔진에서는 엔진에서 배출되는 NOx, THC 및 CO를 동시에 저감하기 위하여 엔진의 공기연료비를 이론공연비 피드백 제어할 필요가 있기 때문에 삼원촉매 진단에 산소센서(oxygen sensor)를 장착하여 공연비 피드백 제어기에 의해 연료량을 이론공연비로 피드백 제어하였다. Fig. 6은 천연가스엔진으로 개조하기 위해 사용한 엔진 개조부품들을 나타낸 것으로, 캠 센서를 장착하기 위한 어댑터(adapter)를 제외하고는 상용 제품들을 사용하였다.

3. 개조 결과 및 고찰

3.1 개조 후 엔진 성능 및 안정성

천연가스엔진으로 개조 한 후 엔진의 출력 성능 및 안정성을 평가하기 위하여 160kW의 동력계(AVL, B-220 EC)를 이용한 출력성능 평가와 내구시

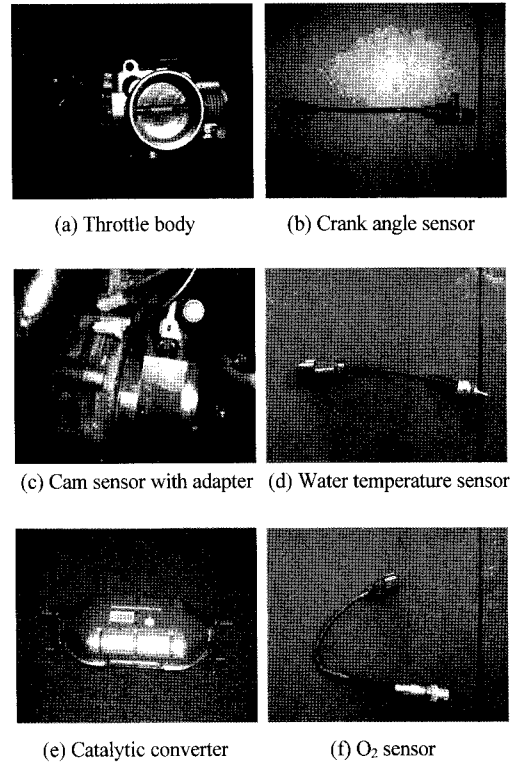


Fig. 6 Engine parts for retrofit

험을 실시하였으며, 동력계시험을 마친 후에는 개조한 엔진을 차량에 장착하여 안정성, 가속성 및 냉시동성을 평가하였다.

Fig. 7은 경유엔진을 CNG 엔진으로 변경하기 전과 후의 엔진성능을 동력계를 이용하여 측정된 것으로, 엔진토크와 출력의 경우 CNG 엔진으로 개조하였을 경우가 경유엔진의 경우보다 더 높게 나타났으며, 각각 최대 10.8%와 6.8% 정도 증가하는 특성을 보였다. 이는 MPI 흡기시스템을 적용하여 체적효율을 증가시켰기 때문에 출력 및 토크가 높게 나온 것으로 판단된다.

또한, 배출가스 온도의 경우 저회전에서는 천연가스로 개조한 경우가 높게 나타나나 고회전인 경우 경유엔진보다 낮게 나타났으며, 경유엔진이 최대 780°C로 나타난 반면 개조한 천연가스 엔진의 경우에는 초기 설정한 운전조건인 750°C로 나타났다.

Fig. 8은 천연가스엔진으로 개조한 경우 엔진의 내구성능을 파악하기 위하여 100시간 전부하 연속 내구시험을 하였을 경우의 시간변화에 따른 토크와

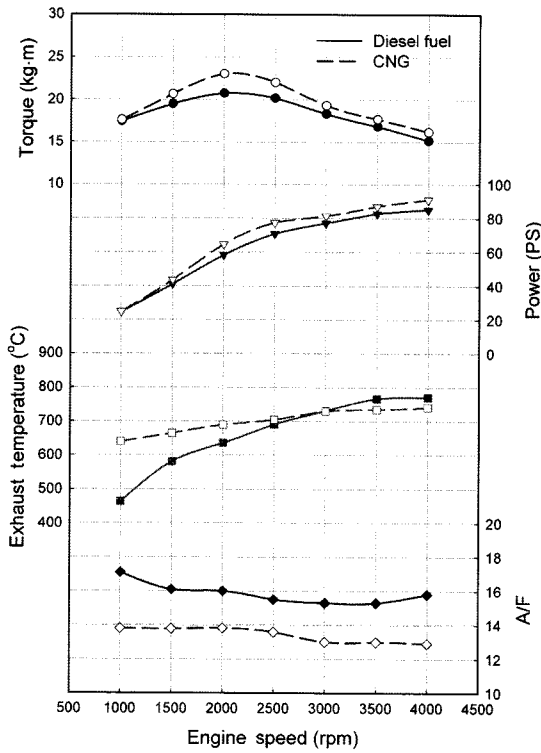


Fig. 7 Performance of diesel engine and CNG engine at full load

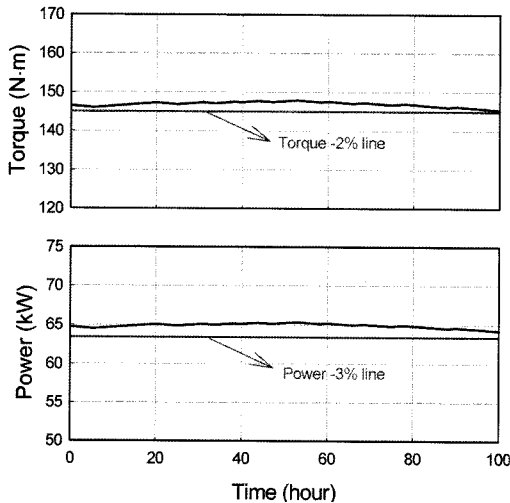


Fig. 8 Torque and power of CNG engine during full load durability test

출력을 나타낸 것으로, 토크 및 출력 변동이 거의 없음을 알 수 있으며, 내구시험 종료후에도 성능 저하는 나타나지 않았으며, 일반적인 성능변화 허용치

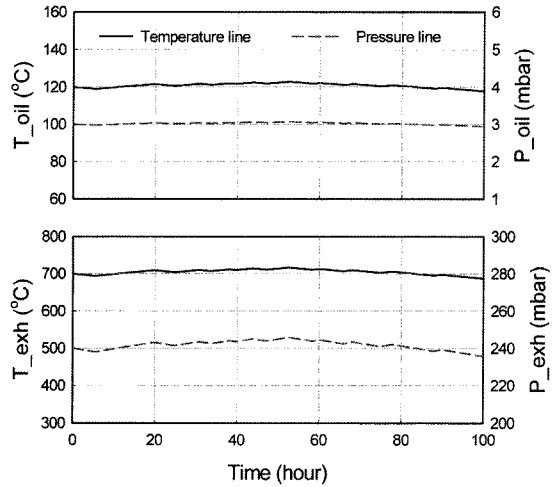


Fig. 9 Temperature and pressure of engine oil and exhaust gas

3% 이내로 매우 안정적임을 알 수 있었다.

Fig. 9는 100시간 연속내구시험 중 시간변화에 따른 배기가스 및 엔진오일의 압력 및 온도의 변동 특성을 나타낸 것으로, 엔진오일의 압력과 온도는 안정된 특성을 보였으며, 배기가스 온도는 약 750°C 정도임을 알 수 있었으며 내구시험 기간동안 특이한 변동 특성이 없는 매우 안정적인 변화곡선을 나타내었다. 경유엔진의 배출가스의 온도가 최대 780°C이므로 CNG엔진으로 운전시 설정된 배기온도 조건 750°C는 연소실 및 배기계 구성부품의 열내구성 확보 및 연비측면에서 적절하다고 판단된다.

Table 2는 천연가스 엔진으로 개조한 후 엔진의 안정성을 평가하기 위해 100시간 전부하 연속내구시험 중에 각 실린더의 압축 압력과 점화플러그 간극(spark plug gap) 변동을 측정 한 것으로, 압축 압력의 경우 사용 중인 경유엔진을 개조한 문제로 실린더 및 피스톤 링의 마모로 초기에도 각 실린더별로 약간씩 차이가 있었으나 내구시험 50시간째나 내구시험 종료 후에도 압축압력의 변동은 크게 나타나지 않았다. 점화플러그 간극의 경우 초기 set-up된 값이 내구시험이 진행됨에 따라 약간의 변화는 발생했지만 열화 및 엔진의 변동을 야기할 정도의 변화는 발생하지 않아 엔진의 안정성에는 별 문제가 없는 것으로 판단된다.

Fig. 10은 천연가스 엔진으로 개조하고 엔진의 출력 성능 및 내구성능을 마친 후 차량에 장착한 후 엔

Table 2 Variation of cylinder pressure and spark plug gap after durability test

Time (hour)	Cyl. No.	Compression pressure (bar)				Spark plug gap (mm)			
		#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4
0		12.75	12.55	12.27	12.75	0.8	0.8	0.8	0.8
50		12.75	12.55	12.27	12.6	0.8	0.81	0.85	0.8
100		12.75	12.41	12.06	12.6	0.8	0.82	0.85	0.85

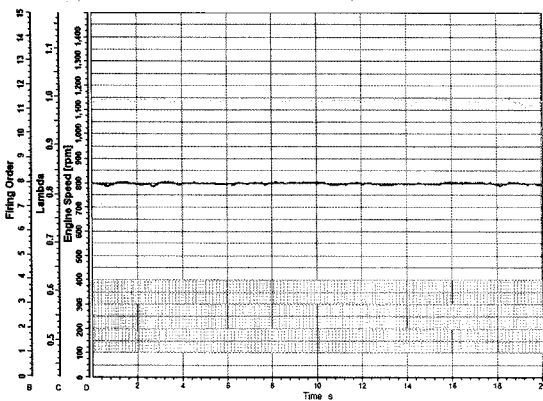


Fig. 10 Engine idle stability of retrofit CNG vehicle

진 변동(engine variation)을 측정하기 위하여 차량에서의 엔진 공회전(idling)시 이론공연비(Lambda) 및 엔진 회전속도를 나타낸 것으로, 엔진의 분해검사는 절차가 복잡하여 연소실의 이상 유무를 간단히 판별하기 위하여 OBD-II misfire detection method에 의해 각 기통별 폭발력에 의한 엔진회전수의 순간 변동율을 측정하였다.

각종 엔진 제어조건을 개회로(open loop, idle air, dynamic spark control 및 lambda =1.00 without feedback)상태에서 측정한 것으로 엔진 회전수가 800 ± 5 rpm으로 일정하게 나타났으며 최대 RPM 변동폭이 10 rpm 이내로 나타남을 알 수 있어 개조설계 목표치를 벗어나지 않았음을 알 수 있다.

Fig. 11은 개조엔진을 차량에 장착한 후 경유차량과 비교하여 가속성능을 나타낸 것이다. 동일한 운전자로 기어변속을 숙달한 후 풍속이 1 m/s 인 상태에서 400m의 직선 주행장을 주행하면서 목표 차속 도달시까지의 가속시간을 5회 반복 측정하여 가속

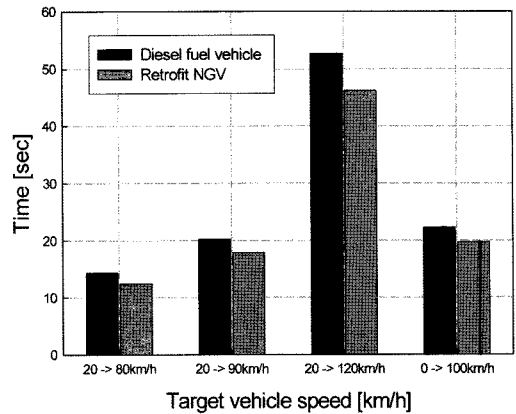


Fig. 11 Accelerating ability of retrofit CNG vehicle

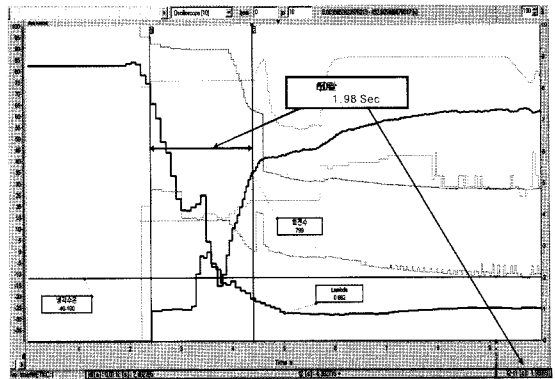


Fig. 12 Cold start ability of CNG vehicle

성능을 평가한 것이다. 운전자에 따라 다르게 나타날 수 있지만 동일한 시험자에 의해 시험한 결과 경유엔진이 장착되었을 경우보다 천연가스엔진으로 개조한 차량에서 가속성능이 월등하다는 것을 알 수 있었다. 이는 압축착화방식인 디젤기관보다 불꽃점화방식인 천연가스엔진에서 연소속도가 빠르기 때문에 나타난 것으로 판단된다.

한편, 천연가스 엔진의 냉시동성을 평가하기 위하여 냉각수 온도가 0°C이하일 때 시동을 건 후 0 rpm에서 800rpm까지 도달한 시간을 측정해 보았다.

Fig. 12는 냉각수 온도가 -12°C일 때 냉시동성을 측정하는 것으로 800 rpm 도달시간이 1.98 sec로 양호하게 나타남을 알 수 있었으며, 그림에 나타나는 않았지만 냉각수 온도가 0°C와 -5°C일 경우에도 시동에 소요된 시간은 각각 1.13 sec와 1.004 sec로 나타나 저온 시동성능은 안정적임을 알 수 있었다.

3.2 배출가스 특성

Fig. 13과 14는 천연가스엔진을 개조하여 차량에 개조 엔진을 탑재한 후 차대동력계를 이용하여 CVS-75모드시험을 수행한 결과의 phase I 과 phase II를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 천연가스엔진의 모든 변수 즉, 엔진회전속도, 차량속도, 흡입공기량, 냉각수 온도, 점화시기, 연료분사량 및 공연비 제어가 안정적임을 알 수 있다.

Table 3은 개조차량의 배기배출물을 차대동력계를 이용하여 CVS-75모드로 측정하여 개조 전의 운행 경유자동차와 비교하여 나타낸 것이다. HC과

Table 3 Exhaust emissions of diesel engine and CNG engine

구분	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
경유차	1.28	0.43	1.02	0.137
CNG 개조차	1.650	0.051	0.060	-

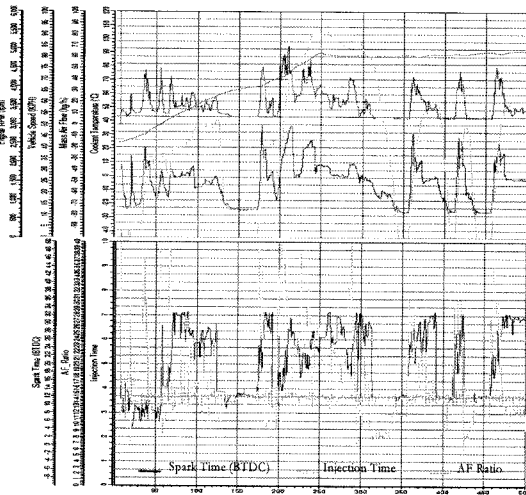


Fig. 13 CVS-75 mode cycle phase- I

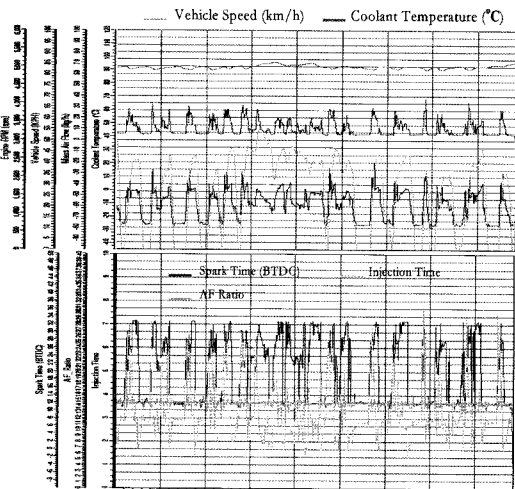


Fig. 14 CVS-75 mode cycle phase- II

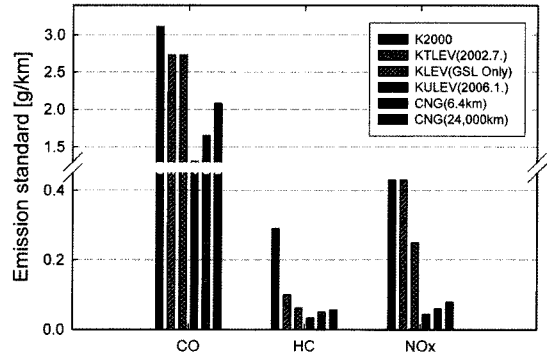


Fig. 15 Exhaust emissions

NOx에 있어서는 천연가스를 사용할 경우가 경유를 사용한 경우의 0.43g/km와 1.02g/km보다 각각 0.051g/km와 0.060g/km로 현저히 저감되어 89%와 96%의 저감율을 보였다. CO의 경우에 있어서는 경유자동차에서의 1.28g/km보다 약간 증가한 1.65 g/km을 배출하였지만 국내 가스자동차의 TLEV기준은 만족시킴을 알 수 있었다. 특히, 천연가스자동차는 경유자동차에서의 가장 큰 문제점인 PM (particulate matter)을 전혀 배출되지 않아 개조한 천연가스자동차가 경유자동차를 대체할 수 있는 효과적인 저공해 자동차임을 알 수 있다.

한편, 촉매의 열화(catalyst aging)는 배기배출물에 영향을 줄 수 있기 때문에 촉매가 열화된 후 배기배출물을 측정하기 위해 천연가스차량으로 일정시간을 운행한 후 차대동력계로 다시 배기배출물을 측정하였다. Fig. 15는 천연가스 차량으로 6.4km와 24,000km를 주행한 후에 배출가스를 측정하는 것으로, 배출가스의 경우 6.4km 주행 후에 측정된 경우나 24,000km 주행한 후에 측정된 경우에도 CO, HC, NOx의 배출물이 국내 규격의 ULEV 기준에는 약간 미달하지만, TLEV 기준을 모두 만족하고 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 경유엔진을 저공해 천연가스엔진으로 개조하기 위한 기술을 개발하고자 한 것으로, 2957cc의 1톤 경유자동차를 전소 천연가스엔진으로 개조하였을 경우 엔진성능 및 배기 배출물 특성에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압축비 21.5인 경유엔진을 10.5인 천연가스 엔진으로 개조하여 최적화하였을 경우, 엔진토크와 출력이 경유엔진의 경우보다 각각 최대 10.8%와 6.8% 정도 증가하는 특성을 보였다.
- 2) 개조된 천연가스엔진에 대하여 전부하 연속 내구시험을 하였을 경우, 내구시험 종료 후에도 토크 및 출력에 대한 성능 저하는 나타나지 않았으며, 성능변화 허용치 3% 이내로 안정적인임을 알 수 있었다.
- 3) 배기배출물에 있어서 개조 전의 운행 경유자동차보다 개조 후의 천연가스자동차가 더 우수한 성능을 보였으며, 특히, CO, HC, NOx는 국내 TLEV기준을 모두 만족시킴을 확인할 수 있었다. 이상과 같은 결론을 토대로 노후 디젤차량을 불꽃점화방식의 전소 천연가스엔진으로 개조하였을 경우 엔진 성능면에서 뿐만 아니라 내구성능 및 배기배출물면에서도 안정적인임을 알 수 있었으며, 노후 디젤차량을 전소 천연가스 저공해엔진으로 개조하는 것이 수도권의 대기질 개선에 바람직하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 한국가스공사의 지원에 의해 이루어졌으며, 연구기자재 지원 및 자료 획득에 도움을 준 (주)엑시언에 감사를 드립니다.

References

- 1) S. J. Kim, "A Special Law for the Environmental Improvement of Air Quality in the Metropolitan Area and a Policy for the Supply of Low Emission Vehicles," Fall Conference Special Session Proceedings, KSAE, pp.31-43, 2004.
- 2) <http://www.kangv.org>
- 3) <http://www.iangv.org>
- 4) T. Joo, C. Lee, P. Na, G. Kim, Y. Pyo and Y. Lee, "Engine Performance and Exhaust Characteristics of 2.5 ton Retrofit CNG Truck," Fall Conference Proceedings, Vol.I, KSAE, pp. 340-345, 2004.
- 5) Y.-C. Han, Y.-S. Oh, W.-Y. Rha, J.-K. Yoon and M.-D. Eom, "A Study on Dedicated CNG Engine," Transactions of KSAE, Vol.7, No.2, pp.72-77, 1999.
- 6) K. Kim, B. Kim, K. Ryu and J. Chae, Application Test of LFG as Vehicles Fuel, Final Report, Environmental Management Corporation, 2005.
- 7) <http://www.gas.or.jp/default.html>