

국내 NGV 추진 현황과 전망

신동현, 이현찬, 방효선
한국가스공사 연구개발원

국내에서 천연가스자동차(Natural Gas Vehicle)가 상용 보급되는 새로운 시대가 열렸다. '98.1월부터 본격적인 승용차 9대의 시범운행에 이어, '98.7.27부터 천연가스 버스가 시범운행 중이다. 국내 NGV 시범운행의 현황과 문제점, 그리고 향후 NGV 보급 전망에 대하여 기술하였다.

1. 天然가스

천연가스는 유전, 가스전에서 산출되는 메탄을 주성분으로 하는 무색투명의 고칼로리 가연성 가스로서, -162°C 의 초저온액화천연가스(LNG : Liquefied Natural Gas) 상태로 수입되어 기화과정을 거쳐 배관망을 통해 발전소, 산업체, 가정등에 공급되고 있다.

무공해 에너지

천연가스는 분진, 유황 등 불순물을 거의 함유하지 않은 청정연료로써 SOx, Soot등이 발생하지 않으며 지구온난화 물질인 이산화탄소의 배출량도 석유에 비해 20~30% 적은 Clean Fuel로서 환경보전에 큰 기여를 하는 최적의 에너지이다.

안전한 에너지

천연가스는 공기보다 가벼워 사용시 누출되어도 대기중에 쉽게 확산되므로 화재, 폭발 등의 사고 위험성이 매우 낮다. 가정용 연료인 LPG가스는 공기보다 무겁기 때문에 누출되었을 경우 아래로 깔리지만 천연가스는 공기보다 가벼운 메탄이 주성분이므로 쉽게 확산된다. 연소하한계(연소가 일어날 수 있는 공기중의 연료농도의 하한)가 타연료보다 높을 뿐만 아니라 자연발화온도도 높다.

고효율 에너지

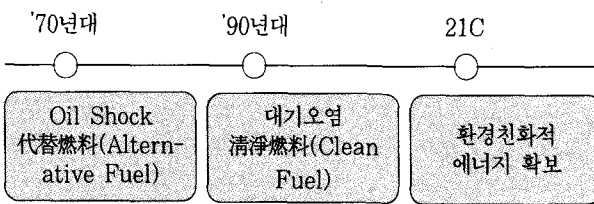
천연가스는 불꽃조절이 용이하며 완전연소 및 직화방식에 따른 열효율이 타에너지에 비해 높은 매우 경제적인 연료이다. 특히, 대형건물

의 냉, 난방용으로 사용할 경우 상당한 에너지 절약을 기대할 수 있다.

편리한 에너지

천연가스는 지하에 매설된 배관으로 공급되므로 연료의 수송에 따른 교통난 해소 뿐만 아니라 공급의 중단이 없다. 천연가스는 연소기구까지 배관으로 공급되므로 별도의 연료저장 시설이 필요없으며 가스보일러 등의 연소설비도 설치면적이 좁아 도시생활의 공간이용도를 최대한 높여 준다. 천연가스는 연소시 수증기와 탄산가스만 발생하므로 별도의 폐기물 처리시설과 인력이 필요없어 쾌적하고 편리한 삶을 추구하는 현대인에게 각광받는 연료이다. 국내 가스기기 메이커의 활발한 가스기기 개발 및 보급으로 가스사용이 더욱 편리하고 다양해졌다.

2. NGV의 필요성



'70년대의 Oil Shock 이후 연료의 안정적 공급을 목적으로 기존 석유계연료(가솔린, 디젤)를 대체할 수 있는 대체에너지로 액체연료(메탄올, 에탄올)를 주로 연구하였으나, 최근 들어 대기오염 방지에 비중을 둔 청정연료를 연구하고 있다.

또한, 산업화, 도시화에 따라 수송수단으로

의 자동차 사용이 증가하고 있으며, 이에 따른 배출가스의 저감을 위하여 세계 각국에서는 저공해자동차 보급 정책을 추진하고 있다. 기존 석유계연료(가솔린, 디젤)에 비해 자동차 배출가스 저감에 효과가 있는 청정 및 대체연료를 사용하는 자동차를 저공해(연료)자동차라고 하며, 사용연료에 따라 배출가스의 특성이 변화하며 알콜(메탄올, 에탄올), 액화 석유가스(Liquefied Petroleum Gas : LPG), 천연가스(Natural Gas), 수소, 전기(Electric Vehicle)를 이용하는 자동차가 있으며, 개질(reformulated)가솔린, 개질디젤, 가변연료(Flexible/Variable Fuel Vehicle: FFV, VFV)를 포함하기도 한다. 최근에는 공해저감과 에너지절약을 위해 가솔린과 전기 또는 천연가스와 전기를 같이 사용하는 하이브리드자동차(Hybrid Electric Vehicle)를 연구중이다. 세계 각국에서는 국가별로 에너지정책과 대기오염저감정책에 따라 해당 지역의 오염물질의 배출 저감에 유리한 자동차를 개발, 보급 정책을 추진중이다. 미국, 일본등은 각 지방자치단체별로 저공해자동차를 분류하며 각종 지원제도 운영하고 있다.

자원 埋藏量을 살펴보면, <표 1>과 같이 석유는 중동지역에 편중되어 있으며, 70년대의 Oil Shock, 91년의 Gulf War 등 정세 변화에 따라 유가가 불안하다. 그러나, 천연가스는 비교적 광범위하게 분포되어 있어 연료, 즉 에너지의 안정적확보 면에서도 천연가스가 유리하다. 또한, 그림1과 2에서와 같이 천연가스의 가채년수 65년으로 석유의 43년보다 22년이 길어 보다 안정적으로 사용할 수 있다.

<표 1> 지역별 매장량 비교

단위: 석유(1000Bbl), 가스(10⁹ft³), 석탄(백만톤)

자 원	석 유	천연가스	석 탄	
매장량	1,018,849,419	4,945,362	1,031,610	
매장국가	중동계	66.4	32.7	-
	아프리카계	6.6	6.7	6.0
	아시아·태평양계	4.2	6.5	31.0
	유럽계	2.0	3.7	14.4
	아메리카계	15.2	10.3	25.2
	C.I.S	5.6	40.1	23.4
	합 계	100	100	100

최근들어, 대기오염의 주원인이 난방, 산업 부문에서 수송부문으로 변화하고 있으며, 대기 오염물질 배출량중 수송부문의 비중이 '97년의 경우 41%에 이르고 있으며, 특히, 서울등 대도시에서 자동차로 인한 대기오염이 매우 심각한 수준으로, '97년 서울의 자동차에 의한 대기오염 비율이 85%이며, 그중에서도 차량비율이 낮은 시내버스와 대형트럭이 오염물질을 다량으로 배출하고 있다.

따라서, 대도시 대기오염의 주원인인 자동차 배출가스 감소를 위하여 청정연료인 천연가스를 사용하는 천연가스자동차의 개발, 보급이 필요하다.

3. NGV의 특성

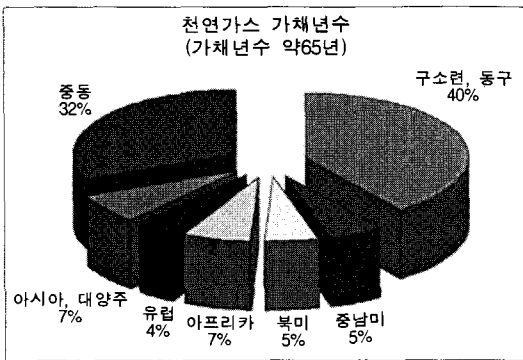
3.1 천연가스 자동차의 종류

현재 일반적으로 사용되는 천연가스 자동차(NGV: Natural Gas Vehicle)의 종류는 <표 2>와 같으며, 천연가스 자동차는 연료의 저장 방식에 따라 3가지로 구분된다.

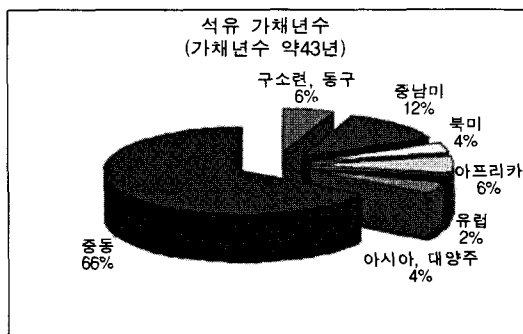
① 압축천연가스 자동차(CNGV: Compressed Natural Gas Vehicle): 천연가스는 상온, 상압에서 기체이므로 고압(200 또는 250kg/cm²)으로 압축하여 연료 용기에 저장하는 자동차

② 액화천연가스 자동차(LNGV: Liquefied Natural Gas Vehicle): 천연가스는 -162℃ 이하에서 액화하므로, 저온용기에 저장하여 사용하는 자동차

③ 흡착천연가스 자동차(ANGV: Absorbed Natural Gas Vehicle): 천연가스를 가스용기내의 흡착제에 흡착하여 사용하는 자

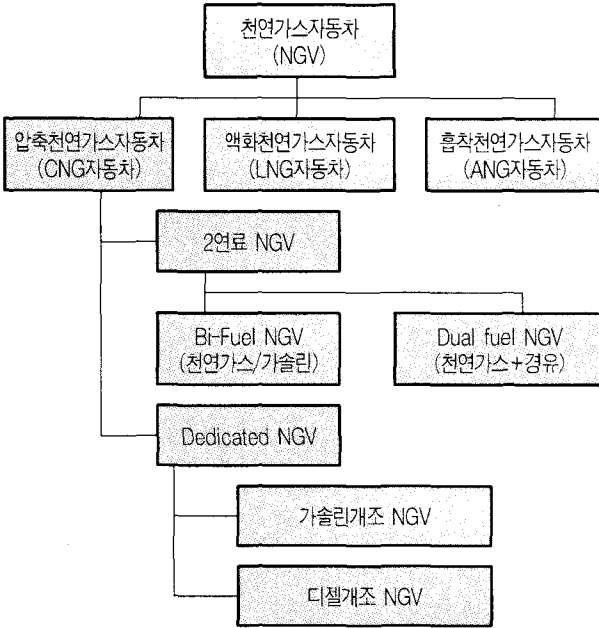


(그림 1) 천연가스의 가채년수



(그림 2) 석유의 가채년수

〈표 2〉 천연가스 자동차의 종류



동차등이다.

현재, 액화천연가스 및 흡착천연가스 자동차는 저장용기의 개발이 진행중이며, 천연가스 자동차는 주로 천연가스를 압축하여 사용하는 압축천연가스자동차가 대부분이다.

또한 천연가스는 연료의 사용방식에 따라 천연가스만을 연료로 사용하는 전소자동차(全燒, dedicated), 가솔린과 천연가스를 각각 사용할 수 있는 System을 갖춘 이중 연료장치(兼用자동차라고도 함, Bi-Fuel) 자동차와, 천연가스와 LPG 또는 천연가스와 디젤을 혼합하여 사용하는 혼소(混燒, Dual Fuel)자동차가 있다. 전소자동차는 배기가스를 대폭적으로 저감하고 에너지 대체효과를 극대화 할 수 있는 장점이 있으며, 천연가스에 적합하도록 엔진을 개선하여 열효율 및 성능을 향상시킬

수 있으나, 주행거리가 짧고, 천연가스 충전시설이 적어 장거리 운행 차량에의 적용은 곤란하여 한정된 거리를 순환하는 차량으로 적용이 한정된다. 이중연료자동차는 천연가스와 가솔린을 사용할 수 있으므로 천연가스 연료가 떨어진 경우 가솔린을 이용하여 주행하는 것이 가능하다. 그러나 전소자동차에 비하여 배기가스가 악화되고, 2가지 연료를 사용함에 따라 엔진의 최적화가 곤란하므로 엔진의 성능이 저하되는 등의 단점이 있다. 혼소자동차는 2가지 연료를 혼합하여 사용하므로 엔진을 최적화하여 성능을 향상시킬 수는 있으나, 이중연료자동차와 마찬가지로 배기가스는 전소자동차에 비하여 악화되며, 에너지 대체효과도 떨어진다. 이와 같은 장,단점을 비교하면, 향후 천연가스

연료의 보급이 일반화되어 충전시설이 확충되고 차량의 성능을 천연가스에 맞도록 최적화한다면, 전소엔진자동차의 단점을 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

전소엔진은 다시 이론공연비연소방식 및 희박연소방식 2가지로 구분된다.

이론공연비방식은 공기/연료비율을 이론공연비 영역에서 연소하는 방식이며, 희박연소방식은 이론공연비에 비하여 연료의 사용을 적게 하는 방식이다. 이론공연비방식은 가솔린 엔진을 천연가스 엔진으로 개조한 경우에 주로 적용되며, 희박연소방식은 디젤 엔진을 천연가스 엔진으로 개조한 경우에 주로 적용된다. 이론공연비연소방식 및 희박연소방식 모두 연비는 비슷한 수준이며, 출력은 이론공연비연소방식이 우수하다. 반면, 열효율은 희박연소방식이

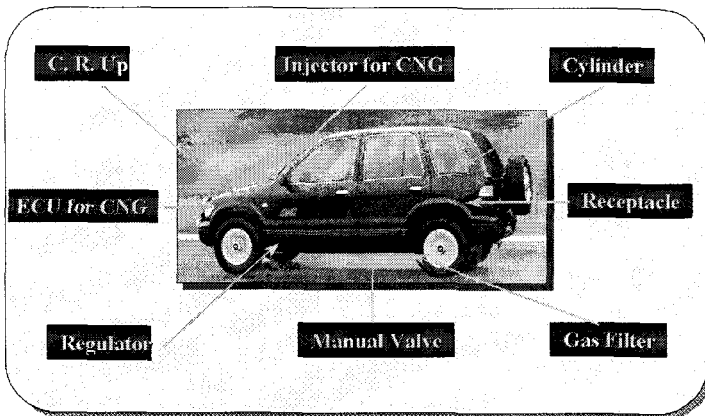
우세하다. 이론공연비방식의 엔진은 3원촉매와 EGR(Exhaust Gas Recirculation : 배기가스 재순환)을 사용하여 유해배기가스를 저감할 수 있으며, 고압축비화에 의해 배기온도의 저하, 열효율 및 출력을 향상시킬 수 있다. 반면, 희박 연소 엔진은 이론공연비연소방식에 비하여 더욱 높은 압축비로 출력 및 열효율의 향상이 가능하다. 또한 과급기의 사용 및 연소

실의 최적화로 열효율 향상 및 배기가스를 저감할 수 있으며, 산화촉매를 사용하여 CO 및 NMHC를 저감할 수 있다는 장점이 있으나, 희박연소 방식엔진에 사용되는 촉매는 NOx 정화율이 낮아 촉매를 거친후의 NOx는 이론공연비 방식에 비하여 악화된다.

3.2 천연가스자동차 (CNG)의 구조

기존의 휘발유, 경유차량과 기본적으로 동일하며, 연료공급계통만 변경되었다.

차량 주요 개조부위

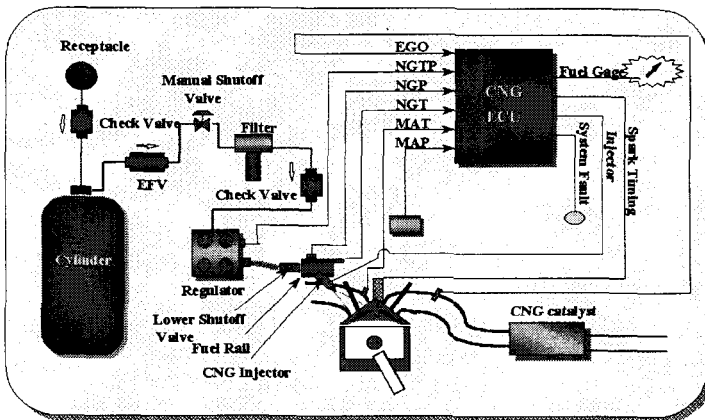


3.3 주요부품

연료공급장치에는 고압의 천연가스를 저장, 공급하는 연료용기, 연료를 사용압력까지 감압하는 감압밸브(Regulator), 엔진에 유입되는 공기와 연료를 혼합하는 연료혼합장치, 연료를 공급하는 연료배관으로 되어있다.

고압의 압축천연가스의 안전을 위해 연료차단밸브, 긴급차단밸브, 과류방지밸브, 역류방지밸브, 안전밸브등의 안전장치가 설치되어 있다.

연료 계통도



3.4 천연가스자동차의 특징

천연가스자동차는 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) CO₂배출량이 휘발유차량보다 20~30% 저감, 입자상물질(PM), SOx의 배출이 없는 깨끗한 배출가스로서 대도시 대

기오염의 주원인인 자동차배출가스 감소를 위하여 청정연료인 천연가스자동차 개발, 보급이 필요하다. 차종별 오염물질 배출량 비교를 <표 3>에 나타내었다.

<표 3> 차종별 오염물질 배출량 비교 (단위 : %)

	경유차	휘발유차	천연가스차	LPG차
매연(PM)	100	10	2	2
NOx	100	20	15	25
CO	20	100	25	45
HC	90	100	35	45
CO ₂	90	100	80	80

(2) 경차, 승용차부터 버스, 트럭등의 대형 차량까지 활용가능한 광범위한 용도 가능 일부 대체연료의 경우 대상차종이 한정되어진다.

(3) 주행성능, 연비는 기존 휘발유, 경유 차량과 동등 수준의 우수한 주행성능을 확보하며, 옥탄가가 휘발유보다 높아, 엔진의 압축비를 향상시켜 효율증가가 가능하다.

<표 4> 차종별 연료소비율 비교 (단위 : %)

	휘발유	천연가스	LPG
연료소비율	100	88	98
성능	100	100	87
옥탄가	92	130	120

(4) 기체연료로 겨울철에도 부드러운 시동이 가능하다.

(5) 디젤엔진을 개조시 기존 차량에 비해 소음, 진동의 대폭적인 개선이 가능하다.

천연가스자동차는 다음과 같은 단점이 있다.

(1) 연료가 기체이므로 저장용적효율이 적

어 기존 액체연료차량에 비해 1/3~1/4정도로 일 충전주행거리가 짧다. 따라서, 충전소가 확보된 일정한 구간을 운행하는 노선버스, 마을버스, 공항구내차량등에 우선 적용하는 것이 필요하다.

(2) 가스용기를 탑재하므로 차량중량이 증가된다. 경량화를 위해 FRP 용기등이 개발되었으며, 차량에 탑재중이다.

3.5 천연가스자동차의 안전성

천연가스자동차의 구조는 기본적으로 가솔린, 디젤 차량과 같으며, 연료공급계통만 개조된 것이며, 전세계적으로 120만대 이상의 천연가스자동차가 운행중이며, 안전성은 실증된 것이다. 주요 선진국에서도 NGV 보급이 활발하게 추진되고 있으며, 미국, 일본등에서 NGV 보급대수가 급격히 늘고 있으며, 태국, 대만 등에서도 보급중이다.

(1) 충돌의 경우

① 연료공급system

연료배관은 stainless 강관을 사용하며 엔진 정지에 따라 전원 차단, 긴급차단밸브 작동으로 연료를 차단한다.

② 가스용기

200기압이상의 고압가스를 저장할 수 있는 충분한 강도를 확보하고 있으며, 자동차부품중 強度가 제일 높다. 차량 낙하실험, 추돌실험, 충격실험등으로 충분한 안전성을 확보하였다.

(2) 화재의 경우

가스용기에 부착되어 있는 안전밸브가 작동하여 가스를 대기중에 방출, 압력상승에 따른 용기 파열을 방지하며, 분출가스는 속도가 빨라 착화되지 않고 신속하게 확산된다.

4. 국내 NGV 추진 현황

4.1 NGV 시범운행

1) 승용차 시범운행

○ 운행경과

'96.10 한국가스공사 연구개발원내에 설치된 CNG충전소의 인허가, 차량에 탑재된 연료용기(Cylinder) 인허가등의 우여곡절을 겪은 후인 '98.1월부터 본격적인 'CNG승용차 시범운행'을 시작하였다. 기아 스포티지 3대, 현대 엑센트 3대, 대우 씨에로 3대의 총 9대를 환경부, 한국가스공사, 한국가스안전공사 및 안산시청등 안산인근지역의 공공기관에서 1단계로 NGV 9대를 운행중이다.

○ 추진현황

이 시범운행을 통하여 국내의 NGV 추진기관들이 서로 가지적인 성과를 느낄 수 있는 계기가 되었고 국민적인 홍보의 계기가 되었다. 이로서 NGV 보급이 멀고먼 미래의 얘기가 아니라 가까운 장래에 현실로 대두되고 있음을 느끼게 되었다. 시범운행은 초기에 문제되었던 차량용기 및 충전소 검사를 완료하여 '98년 1월부터 본격적인 운행에 착수하였으며 '98. 10월말 현재 약12.7만km의 운행 거리를 보이고 있다. 현재 실차운행에 따른 제반 문제점과 개선점을 도출하고자 분석중이며 차량의 시범운행 결과를 아래 그림에 정리하였다.

시범운행은 가지적인 홍보효과 이외에도 천리안의 차사랑동호회, 환경자동차신문, 자동차생활등이 NGV 승용차를 시승하였으며, 전반적인 시승소감은 일반 가솔린 승용차와 대등한 성능(최고속도, 등판능력)을 나타내고 있으며,

소음이 작기 때문에 승차감면에서는 가솔린 차량보다 월등하다고 했다. 또한, 시승소감을 PC통신과 신문, 잡지등에 관련 기사를 게재하여 관련단체등의 관심을 유도하는 계기가 되었다.

NGV 승용차 시범운행은 '98.1~'98.12까지이며, 10.31 현재 총9대에 대하여 총주행거리 127,355km, 연비 16.7km/kg (13.4km/m³, 10.6km/l가)이다. 일반 가솔린 승용차보다 우수한 연비를 보이고 있으며, 그림3과 4는 NGV 승용차 각각에 대한 주행거리와 연비를 나타내고 있다.

○ 문제점 및 향후 계획

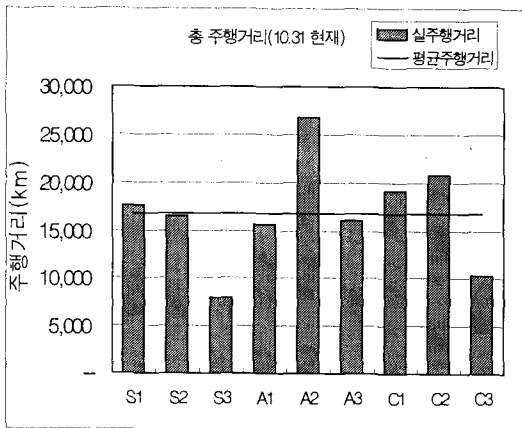
NGV 승용차 시범운행시 문제점으로는 일충전주행거리가 짧고, CNG 충전소가 보급되어 있지 않기 때문에 장거리운행이 곤란하다는 것이다. 또한, 천연가스자동차의 전용부품인 연료용기, 연료계통등의 개조부품은 특별한 문제가 없으며, 시범운행에 따른 차량의 연비, 엔진오일 교환주기등 각종 비교를 추진 중이다. 그러나, 기존 가솔린 승용차의 실도로 주행 연비등의 데이터가 없어 정확한 비교는 곤란할 것으로 생각된다.

〈표 5〉 각 CNG 승용차별 주요제원 비교

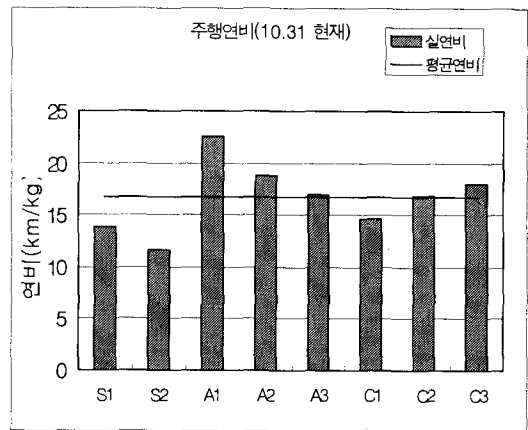
차종	스포티지	엑센트	씨에로
엔진	2.0L FEDI	1.5L α-II	1.6L SOHC CNG
압축비	10.9	12.6	10.8
저장탱크 용량(l)	83	95.1	75
저장탱크 재질	Al + FRP	Fully Composite	Fully Composite
충전압(bar)	200	200	200
차량총중량(kg)	1,520	970	

〈표 6〉 승용 NGV 시범운행 현황

차량	시범운행 현황	비고
승용차 9대	- 차종 : 현대(엑센트), 대우(씨에로), 기아(스포티지) 각 3대, 총 9대 - 시범운행 기간('96.10. '98.1~'98.12) - 운행실적 : 12.7만km('98.10말) - 연비 : 16.7km/kg(13.4km/m ³ , 10.6km/l, 휘) 가솔린과 동등 수준으로 경쟁력 확보 - 운행기관 : 환경부, 안산시, 가스안전공사, 경인지사, 가스기술 공업, 가스공사등	환경부/ 가스공사 주관



(그림 3) CNG승용차 주행거리



(그림 4) CNG승용차 연비

CNG 승용차 시범운행이 '98.12로 끝나게 되는데 NGV 운행의 제반 사항 파악 및 개조 부품의 신뢰성 평가, 성능 변화 등을 확인하기 위하여 시범운행을 더 연장하고자 환경부, 자동차사와 협의 중에 있다.

2) 시내버스 시범운행

○ 운행경과

날로 심각해지는 대도시 대기오염 방지를 위해 대기오염의 주범인 디젤엔진의 시내버스와 대형트럭을 NGV로 개조하는 것이 효과적이라는 판단으로 일정한 노선을 운행하는 시내 버스를 먼저 천연가스버스로 대체하여야 할 필요성을 인식하던 중 '98.6월 환경부 주관으로

NGV 관계기관(한국가스공사, 삼천리도시가스, 자동차제작사등)이 모여 천연가스 버스 시범운행관련 회의를 개최하였다. 이러한 계기는 가스공사가 지속적으로 시범운영을 비롯한 국내 여건 분석 결과를 정부에 건의한 결과로 그동안 승용차 중심의 NGV보급정책에서 환경개선효과가 크고 초기 보급에 문제점으로 지적되어 온 충전소등 기반시설의 문제점을 해결할 수 있는 버스 및 공동차량군에 대한 정책으로 추진되고 있다. 즉, 승용차의 경우 보급시 막대한 기반시설이 구축되어야 하기 때문에 일정한 차고지를 가지고있는 공동차량군의 버스 및 트럭 등이 훨씬 효과적임을 건의하였기 때문이었다.

그 결과 인천지역 2대(삼환교통), 안산지역 2대(경원여객, 가스공사 업무용)의 버스가 시범운행중에 있으며 인천시에서는 삼천리도시가 자가 차 연구비로 설치한 충전소를 이용하고 안산에서는 가스공사 연구개발원에서 설치한 충전기를 이용하여 충전하고 있다. 이 시범운행을 위해 가스공사는 연료비를 무상(연 4천만원 예상)으로 지원키로 하였고, NGV 버스 제작사는 차량 개조비(대당 약4,500만원)를 할인해주기로 하였다. 또한 차량 운영업자인 삼환교통 및 경원여객은 차고지가 아닌 충전소 설치장소에서 충전해야하는 불편함을 감수할 뿐만 아니라, 현재 설치된 충전기가 연구용으로 충전시간이 비교적 긴 불편함(배차시간 조정, 운행회수 감소등)을 양해하고 협조하였으며 삼천리 도시가스사도 성공적인 시범사업을 위해 충전소를 지원하고 있다. 이와같이 관련 기관이 서로 자신의 이해관계를 떠나 하나의 목표를 가지고 양보와 협력을 아끼지 않은 경우로 국내에서 보기 드문 협력사례로 보여진다.

인천지역은 '98. 7.27일에 인천시청에서 발대식을 갖고 시범운행을 시작하였으며, 안산지역은 '98. 9월에 시범운행을 시작하였다. 인천 삼천리도시가 충전소는 '98.5월 개정된 산자부고시 제1998-35호 '압축천연가스자동차

차 관련기준'을 기준으로, 그리고 가스공사에서 기존의 충전소 설치시의 경험을 바탕으로 설치, 준공검사까지 비교적 단기간에 추진할 수 있었다. 그 결과 인천지역의 천연가스 버스 시범운행이 가능하였다.

본 NGV 버스 시범운행은 정부기관인 환경부, 대기업인 자동차제작사(현대, 대우)의 적극적 협조, 지역사업자인 도시가스사, 시내버스사업자들이 상호 긴밀한 이해와 한가지 목표를 달성하기 위한 각기관의 양보와 협조가 없었다면 이 시범운행 사업은 불가능하였을 것으로 본다.

○ 추진현황

<표 7>에 NGV 버스의 차종별 주요제원을 나타내었다. <표 8>은 시범운행중인 CNG 버스의 주행거리 및 연비를 나타내고 있다. '98. 10월 말 현재 천연가스 버스 4대의 총운행거리는 약 54,436km를 돌파하였으며, 당공사의 업무용 NGV 버스의 주행거리는 4,263km이며, 3.6



(그림 5) 인천지역 NGV 버스 시범운행 발대식('98.7)

〈표 7〉 시범운행 NGV 버스 주요제원

		BH116	BS106	D6AB CNG
시범운영업체		한국가스공사	경원여객	삼환교통
Gas 충전소		한국가스공사 연구개발원	한국가스공사 연구개발원	삼천리(주)
엔진	Model	GE12TI	GE12TI	D6AB
	배기량(cc)	11,051	11,051	11,149
	최대출력(ps/rpm)	280/2200	280/2200	270/2200
	최대토크(Kg.m/rpm)	110/1300	110/1300	100/1400
Fuel control system		Full auto elec.	Full auto elec.	Full auto elec.
T/M		K1205A(5D.D)	K1005A(5D.D)	M10S5
차량총중량(kg)		14,450	13,005	14,465
최대속도(Km/h)		108	108	130
등판능력(tan θ)		0.385	0.385	0.390
Fuel System	Cyl Type	NGV-II	NGV-II	NGV-II
	최대압력(PSI) Size	3600 13"×60":8EA	3600 13"×60":6EA	3600 13"×70":4EA 13"×50":2EA
WaterVol(l)/충전량(m ³)		750/220	562/160	650/165

차인원등에서 차이가 나는 것으로 판단되며, 승용차처럼 주행모드에 의해 연비, Em.을 측정할 수 없기 때문에 생각된다. 성능은 출력면에서 초기보다 약간 떨어지는 감이 있지만 승차감에서는 소음 및 진동이 경유차량보다 훨씬 유리하다.

천연가스버스의 운행으로 차량의 진동, 소음이 감소하는 등의 이점으로 승객, 운전기사 모두의 만족을 느끼고 있으며, 일부 승객의 경우 CNG 버스를 기다려 승차하는 경우도 있다. 현재 CNG버스(대우, 현대)는 배기 Brake가 장착되어 있지 않은

〈표 8〉 시범운행 CNG버스의 주행거리 및 연비

	KOGAS	경원여객	삼환교통		
			No.3166	No.3167	
운행개시일	'98.9.15	'98.9.15	'98.7.27		
운행구간	업무용	시외좌석 (안산→영등포)	도시형 시내 (인천, 부개동→석바위)		
일일 평균 주행거리(km/일)	64.6	354.3	156.8	214.3	
주행거리(km)	4,263	21,965	11,920	16,288	
연비	km/kg	3.6	3.2	2.0	2.2
	km/m ³	2.9	2.6	1.6	1.8
	km/l 경유	2.5	1.9	1.4	1.6

km/kg의 연비를 보여주고 있다. 경원여객은 21,965km의 주행거리와 3.2km/kg의 연비를 보이며, 삼환교통은 No.3166과 No.3167은 11,920, 16,288km의 주행거리와 2.0, 2.2 km/kg의 연비를 보여주고 있다. 차종별 연비의 차이는 운행 차량의 도로조건, 운행조건, 승

상태이다.

향후 배기Brake를 장착한다면 차량 제동면에서도 훨씬 유리할 것으로 생각된다. 또한 차량 운행에 따른 연비, 유지비등 경제성분석을 위하여 각종 현황을 파악중이다.

○ 문제점 및 향후 계획

CNG버스 시범운행을 수행하며 몇가지 문제점을 발견할 수 있었다. 먼저 당공사 및 삼천리에서 설치한 CNG 충전기의 용량이 연구용(승용차 50대 충전 분량)이므로 CNG 버스에 충전하기에는 충전용량 및 저장용기 용량이 충분하지 못하다. 그래서 현재 당공사는 효성중공업과 협조하여 연료충전시간을 simulation하여 효과적인 연료저장 용기의 증설을 검토하였다. 따라서, CNG 충전기 저장탱크를 800 l를 추가하여 안산지역의 CNG 버스 2대를 충전하고 있으며, 저장용량 증설에 따라 예상 충전시간 2~

3시간에서 증설후에 30~40분 정도 소요되고 있다. 또한 삼천리는 현재 Slow Fill로 CNG버스에 충전을 하고 있어 비교적 긴시간이 소요되며, 충전시간 단축을 위하여 연료저장 용기의 증설을 검토중이다. 그러나, 상업용으로 본격적인 충전시 충전시간은 기존 차량의 연료 주유시간과 유사할 것으로 판단된다. 또한, 국내에 설치된 충전소가 2곳밖에 없어 차고지이외의 장소에서 연료를 충전하는 불편함외에 별도의 특별한 문제는 없다.

그리고 CNG승용차와 마찬가지로 일충전주행거리가 짧기 때문에 장거리운행을 하지 못하나 일정거리를 운행하고 있는 좌석버스 및 시내버스는 운행거리에 지장을 받지 않고 운행되고 있다. 또한 좌석버스의 경우, 일일 5회운행을 위해 2회 충전의 불편함이 있어 일충전주행거리를 연장시킬 수 있는 방안, 연료충전압력의 증가(200bar→250bar) 또는 연료용기를 증가시키는 방안을 검토할 필요가 있다.

경유 버스와 비교를 위하여는 정확한 연비가 필요하나, 경유버스의 연비데이터가 회사별, 운행기간별, 도로조건등에 따라 차이가 있어 CNG 버스와 비교는 곤란하지만, <표 9>에서처럼 CNG버스의 개조비가 5,000만원일 경우(소량 생산시 4,500만원, 대량생산시 2,500만원으로 추산이나 편의상 5,000만원으로 검토하였음) 연료비 절감이 연평균 1,400만원 정도이므로 3~4년이면 개조비를 회수할 수 있을 것으로 판단되며, CNG 버스 양산시 개조비가 작아지기 때문에 개조비 회수기간은 더 단축될 것이다. 또한, 엔진오일 교환주기 연장등의 부수적인 효과, 배출가스

<표 9> CNG 버스 개조비 회수기간

	경유 버스	CNG 버스	비고
일일평균주행거리(km)	83km×5회/일=415km	←	
연평균주행거리(km)	149,400	←	360일 운행
평균승차인원(명/일)	350	←	
연평균 연료량	56.806 l	58.132m ³	
연 비	2.63 km/l	2.57 km/m ³	
연료가격	579.44원/l	316.01원/m ³	
연평균 연료비(원)	32,915,717	18,370,386	
연료비 절감(원)	-	14,545,330	
개조비(원)	0	50,000,000	
개조비 회수기간(년)	-	3.4	

주 : 천연가스가격은 '98년 8월 1일 기준 소비자 가격(산업용)임.
경유 가격은 산업자원부 '에너지 세제 개편(안)' 전망치

저감으로 인한 호흡기 질환 감소등을 고려하면 CNG 버스가 미래의 운송수단으로 자리잡을 것으로 판단된다. CNG연료용기의 제조 및 검사에 관한 고시가 제정되고, 그에 따른 연료용기가 국산화 개발, 생산에 따라 개조비가 감소할 것으로 예상된다. 복합재료 용기는 당공사가 한국 화이버와 국산화개발을 완료하였으며, 강제용기는 효성중공업에서 개발 완료하였다.

5. 향후 전망

5.1 환경부 CNG버스 보급계획

대도시 시내버스를 천연가스 버스로 우선 대체하는 계획으로 '99년 서울, 인천지역에서 시범운행 확대후 2000~2007년까지 수도권 및 7대 광역시의 시내버스를 단계별로 대체할 계획이다.

○ '99년에는 서울, 인천지역에서 시범운행 확대 후 2000~2007년까지 수도권 및 7대 광

역시의 시내버스를 단계별로 대체

○ 천연가스버스 보급 : '99년은 가스공급업체가 대상운수업체를 협의 결정하고, 2000년 이후는 노후버스 대체시 보급

○ 시내버스 업체는 부지를 제공하고 가스업계에서는 충전시설 설치 및 운영을 담당하도록 역할분담

○ 초기 보급단계에는 인접한 2~3개 버스업체를 통합하여 1개 충전소 운영

○ 천연가스 공급용도에 수송용을 신설하여 가스공급가격을 경유가의 60% 수준으로 유지

○ 장기적으로 대기오염 유발영향이 큰 경유가 가격은 휘발유 가격의 80% 수준으로 조정하여 경유차 사용 억제

〈표 10〉 환경부 CNG 버스 보급 계획

시범운영확대 ('99)	1단계 (2000~2002)	2단계 (2003~2007)	합계
서울, 인천	수도권	기타 광역시	
35대	6,000대	14,000대	약 2만대

5.2 서울시 CNG 버스 보급 계획

인천, 안산의 천연가스버스의 시범운영에 따른 일반 국민은 물론 정부관계자들의 인식 전환으로 서울특별시에서도 도시 대기오염의 방지를 위하여 저공해자동차인 천연가스버스로 대체·보급하고자 하는 '천연가스 사용 시내버스 보급 계획'을 추진하고 있으며 사업내용을 요약하면 다음과 같다.

○ 시범운영 : '99년

충전소 3개소 설치, 충전소당 시내버스 5대씩 총 15대를 필두로 하여 시범운행을 시작한

다. 충전소 설치는, 공영차고지의 경우 시설비를 운영 주체가 전액 부담하고, 일반차고지는 희망도시가스사가 서울시로부터 7억의 지원을 받아 설치할 예정으로 한국가스공사 및 도시가스사(4개사)가 1개소씩 총5개소 설치 예정이다. 천연가스 시내버스는 가격상승분(약 4,500만원)을 서울시에서 전액 용자 지원하기로 하였다.

〈표 11〉 CNG 버스 시범운영에 따른 충전소 설치 계획

설치사업자	설치장소	운수업체별 보유버스(대)
?	수색공영차고지	340
서울도시가스	공람버스	121
극동도시가스	형성운수	100
대한도시가스	서울승합	142
한진건설	아진교통	115

○ 초기보급 : 2000~2002년

정부계획, 송파·강동권역등 시내버스 공영차고지 설치일정과 연계하여 충전소 17개소, 천연가스 시내버스 1,985대의 보급 목표를 갖고 있다. 충전소 설치비용의 50%를 용자 지원하고, 시내버스의 경우 가격상승분(약2,500만원) 전액을 용자 지원할 계획을 갖고 있다.

○ 본격보급 : 2003~2007년

충전소 65개소, 시내버스 6,500대 보급 목표로 하고 있으며, 충전소, 시내버스 가격상승분의 재정지원이 없이 업계 자체 부담으로 추진할 예정이다. 상기 계획의 추진에 따른 충전소 설치 부지 문제, 일충전주행거리의 연장 등 몇가지 문제점을 해결하기 위하여 관련기관들이 협의중이다.

5.3 지방자치단체등의 보급 계획 수립

NGV 보급확대를 위해 추진해온지 7년여만

에 중앙정부가 아닌 지방자치단체 및 제3의 기관에서 자발적인 도입 움직임이 일어난 것은 대단히 고무적인 일로서 궁극적인 보급 활성화는 초기보급에 참여한 기관이 아닌 순수 사용자의 선택에 의해 이루어져야하는 당위성을 고려하면 이제 NGV의 보급사업은 어느 정도 가시적인 성과가 나타난다고 볼 수 있다. 현재까지의 국내 지방 자치단체 및 기관들의 NGV 도입계획을 보면 다음과 같다.

○ 인천광역시

천연가스 버스의 시범운행을 계기로 하여 서울시에 이어 곧바로 '99년도에 시범운행을 추진할 예정이다. 충전소 2개소 설치, 시내버스 10대를 운영할 예정이며, 시내버스의 가격상승분(4500만원)은 실비로 용자 지원할 예정이다.

○ 광주광역시

'99년도부터 천연가스 버스의 운행을 위한 계획을 검토중이다.

○ 한국전력공사

'99년에 천연가스 버스를 구입하여 업무용으로 활용할 예정이다.

6. 맺음말

본 CNG 시범운행(승용차, 버스)를 통해 여러 기관들과 언론매체등에 많은 홍보를 하였다. 특히 안전성 및 CNG에 대한 인식이 바뀌었다. 그리고 CNG 보급방향이 승용차에서 버스로 전환함으로써 인천 및 안산에서 CNG버스 시범운행을 시작하였으며, 현재까지 큰 문제없이 운행되고 있으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연료의 안정적 공급, 절약 및 대기오염감을 위해 NGV의 도입은 꼭 추진되어야 한다.

2. NGV는 일정한 구간을 운행하는 버스등의 우선 보급 추진이 바람직하다.

3. NGV 보급을 위하여 Infra. 즉 충전소가 우선적으로 설치되어야 하며,

4. NGV 버스로의 대체시 개조비는 초기에는 약4500만원, 대량생산시 약2500만원 정도 상승이 예상되며, 개조비 상승의 회수 기간은 3-4년 정도로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 천연가스차량(NGV)의 시범운영 및 성능 시험 연구, 한국가스공사 연구개발원, 1997. 12
2. 에너지통계연보, 1997
3. 환경부, 천연가스자동차 보급계획, 1998.3
4. 天然ガス自動車の普及に向けて, 日本ガス協會, 1995.7
5. NGV의 추진 현황, 신동현, 이현찬, 방효선, 한국천연가스차량협회(KANGV) '98년도 제1차 기술강연회, 1998.6
6. "대기오염물질 배출량" '97, 환경부 국립환경연구원
7. Sun Metro-6.2 Million Miles on Natural Gas, Argonne National Laboratory, U.S. DOE 1997.5
8. Alternative Fuel Transit Buses Final Result, NREL Vehicle Evaluation Program, 96.10
9. "천연가스차량 시승기", PC통신 차사랑 동호회, '98.8.24
10. 실용성 합격점 ... 천연가스차 시대 열 '프런티어', 환경자동차신문, '98.9.16
11. 자동차생활, '98.12