

한국에서의 전소 천연가스차량의 시범운영 결과

신동현, 이현찬, 방효선

한국가스공사, 한국가스공사, 한국가스공사

The Results of Field Test for Dedicated CNG Vehicles in Korea

Hyo-Sun Pang, Dong-Hyun Shin, Hyun-Chan Lee
KOGAS

1. 서론

한국은 석유 의존도가 매년 증가('90년 53.8% → '98년 54.52%)하고, 에너지 해외 의존도('90년 88% → '98년 97%) 또한 지속적으로 증가하고 있으며, 중동지역에 대한 석유의존도는 계속 증가하여 에너지 안보면에서 우려가 제기되고 있다. 특히 수송에너지 석유의존도는 거의 100% 수준이며 대부분이 중동지역에 편재해 있다. 그러므로 가채년수가 석유보다 22년이나 길고 전세계에 고루 분포되어 있는 천연가스를 차량연료로 사용한다면 에너지를 안정적으로 확보할 수 있을 것이다.

또한 한국은 국민 소득 향상과 함께 자동차가 '64년의 4만대에서 '99년에는 1,051만대를 초과하여 35년만에 무려 263배 이상 증가하고 있으며 이중에서도 특히 승용차는 더욱 급속한 증가추세를 보여 358배 이상 증가하였다. 그리고 2000년대에는 1,400만대로 증가할 것으로 추정되고 있어 자동차로 인한 환경오염 문제가 갈수록 심각해질 전망이다. 자동차에서 배출되는 오염물질은 연료의 성상에 따라서 약간씩 다르나 휘발유나 가스연료를 사용하는 경우에는 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx) 및 미량의 황산화물(SOx)등이 배출되고, 경유를 사용할 경우에는 이외에도 매연이 더 배출된다. 발생원별 대기오염물질 배출량은 총 오염물질 배출량('97) 4,364,723톤중 수송부문은 2,194,318톤으로 전체의 50.2%를 차지하고 있어 한국의 수송부문에 의한 대기오염은 대단히 심각하다 하겠다. 그리고 '97년을 기준으로 자동차 오염물질 배출량은 1,794,647톤으로 전체 대기오염물질 배출량의 41.1%를 점유하고 있고, 차종별로는 휘발유(LPG포함) 자동차가 전체 자동차 오염물질 배출량의 35%(차량대수 69.3%)를 차지하고 있는 데 비하여 경유자동차가 65%(차량대수 30.7%)를 차지하고 있어 경유 자동차의 오염비중이 높은 편이며, 특히 대형 버스나 트럭과 같은 대형 경유 자동차가 52.0%(차

량 대수 5%)를 차지하고 있다고 보고되고 있다. 또한 지역별로는 서울지역이 77.1%로 가장 높게 나타났으며 대도시 중 대구, 광주, 대전은 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 조사되어 대도시를 중심으로 한 자동차 오염물질 저감 대책수립의 필요성이 대두되고 있다.

특히 2002년에는 한국과 일본에서 월드컵이 공동 개최된다. 세계인들이 지켜보는 가운데 개최되는 월드컵을 깨끗한 환경에서 치루어 한국의 환경이미지를 부각시켜야 할 필요성을 느껴 월드컵 개최도시를 중심으로 5,000대의 천연가스 버스를 보급할 계획이다. 그러므로 본격보급에 앞서 천연가스 차량의 저공해성, 안전성 및 우수성을 확인코자 천연가스 승용차량과 버스에 대한 시범운행을 실시하였다.

2. 본론

1) NGV 승용차 시범운행

한국에서 처음으로 실시한 승용 천연가스 자동차의 시범운행은 환경부의 협조를 받아 한국가스공사가 주관이 되어 국내 자동차 3사의 차량 3대씩을 기증받아 '96.10에 시범운행 행사를 개최하였다. 그러나 한국의 경우 CNG(Compressed Natural Gas)충전소의 설치 관련법규가 마련되어 있지않아 시범운행에 어려움을 겪다가 '96.12에 CNG충전소 설치법규가 제정되어 '97.4에 CNG충전소 사용허가를 받은후 '98.1부터 '98.12까지 천연가스자동차 시범운행을 실시하였다.



그림 1. 천연가스차량 시범운행 행사('96.10)

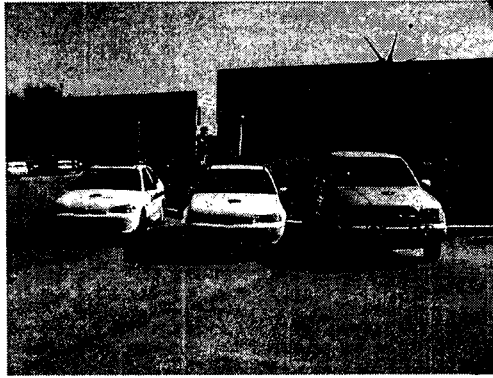


그림 2. 시범운행 천연가스 승용차('98)

시범운행 차량은 한국의 3대 자동차 제작사인 기아, 대우, 현대의 차량중 기존에 생산 판매되고 있는 기아의 스포티지, 대우의 씨에로, 현대의 엑센트를 각각 3대씩 개조하여 시범운행을 실시하였다. 각차량에 대한 제원은 표1에 나타나 있다.

표 1. 각 천연가스 승용차별 주요제원 비교

차종	스포티지	엑센트	씨에로
엔진	FEDI	α -II	1.6 l 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	1,103.5

천연가스는 가솔린과는 달리 연료가 가스 상태로 연소실에 공급되므로 체적효율 저감등에 의한 성능 저하가 발생하게 되어 이에 대한 대책이 필요하며, 가스는 온도와 압력에 의해 연료 공급량이 변화하므로 이에 대한 보상이 필요하다. 이와 같은 천연가스와 가솔린 연료의 물성차이에 의한 천연가스 엔진의 최적화를 위하여 Hardware는 Camshaft, 압축비, Tumble Ratio등을 변경하였고, Software는 점화시기, 공연비, 분사형태를 변경하였다. 또한, 배기가스 저감을 위하여 천연가스 전용촉매를 개발하였다.

표 2. 가솔린, 천연가스차량의 제원 비교

항목	가솔린 차량	천연가스 차량
차량	스포티지 가솔린	스포티지 CNG
배기량(cc)	1998	1998
압축비	9.2	10.9
충전압력	-	3,600 psi
공차중량(kg)	1,450	1,520
연료계	MPI	MPI
분사압력(bar)	3	7
후처리 장치	3원 촉매	CNG 전용촉매

시범운행 차량의 연료충전은 가스공사 연구개발원에서 '96.10에 설치한 충전용량 29scfm, 저장용량 400 l (water capacity)의 CNG충전기를 이용하여 충전하였다. 그리고 본 시범운행이 천연가스차량의 우수성, 청정성 및 안전성을 입증하며 일반인에게 홍보하기 위한 목적이었으므로 일반인들이 직접운행하여 천연가스차량의 장·단점을 비교하도록 하였다. 본 시범운행에서 운전자들은 차량을 주로 업무용으로 이용하였으며, 주행거리 및 연료충전량을 기록하였다. 그리고 주행거리와 연료충전량을 통해 주행연비를 측정하였다. 주행거리는 '98.1~'98.12 동안 총 9대에 대하여 16.4만km였고, 대당 평균 18,176km를 운행하였다. 연비는 9대 차량에 대해서 평균 15.88km/kg 이었고, 가솔린 등가로 환산하였을 경우 연비가 10.11km/l 가솔린 로 가솔린 차량의 평균연비 11.4km/l 와 비교하여 거의 대등함을 알 수 있었다.

표 3. 시범운행 평균연비

km/kg	km/m'	km/ l 휘
15.88	12.76	10.11

저공해 자동차로서 천연가스자동차의 배기가스 배출량을 측정하였다. 표4은 CVS-75모드에서 천연가스와 타연료와의 배기가스 비교표이다. 배출가스 시험결과 CO는 휘발유에비해 36%, HC의 경우 휘발유와 경유에 비해 각각 88%, 80% 저감되었다. 그리고 NOx는 휘발유와 경유에 비해 각각 64%, 96% 저감되었다.

표 4. 천연가스자동차(소형) 배출가스 시험결과 비교

차종	사용연료	오염물질(g/km:CVS-75모드)			
		CO	HC	NOx	알데히드
엑센트	CNG	0.48	0.01 (NM)	0.02	0.004
	휘발유	1.21	0.15	0.13	-
씨에로	CNG	0.60	0.02 (NM)	0.07	-
	휘발유	0.31	0.08	0.20	-
스포티지	CNG	0.755	0.018 (NM)	0.05	-
	휘발유	1.35	0.16	0.06	-
	경유	0.28	0.08	1.25	PM:0.13

2) 천연가스 버스 시범운행

본 천연가스버스 시범운행은 환경부가 주관이 되어 가스업계(가스공사, 삼천리 도시가스), 자동차 제작사(대우, 현대), 운수업체(경원여객, 삼환교통)이 공동으로 실시하였다. 현대에서 개조한 2대의 천연가스 버스는 인천의 운수업체인 삼환교통에서 시내버스로 운행중이다. 그리고 대우에서 개조한 버스중 1대는 안산의 운수업체인 경원여객에서 좌석버스로 운행중이며, 1대는 가스공사에서 업무용으로 운행하고 있다. 이번 천연가스버스 시범운행은 인천과 안산에서 각각 시작하였는데 인천에서는 그림9에서 보는바와 같이 '98.7.27에 시작하여 인천의 월미도에서 부개역까지 왕복 92km 구간을 6회 운행하고 있다. 그리고 안산에서는 '98.9.16에 운행을 시작하였고, 좌석버스인 경원여객의 천연가스버스는 안산 본오동부터 서울 영등포까지 왕복 84km 구간을 5회 운행하고 있다. 그리고 차량에 연료를 충전할 충전소는 천연가스 승용차 시범운행을 위해 설치한 가스공사의 충전소를 안산지역 버스가 이용하며, 인천지역은 이번 시범운행을 위해 삼천리 도시가스가 설치한 충전소를 이용하였다.



그림 3. 인천지역 천연가스 버스 시범운행 발대식 행사('98.7)

표5은 이번 시범운행 천연가스 버스의 제원을 나타내고 있다. 가스공사의 업무용 버스는 연료용기를 2개더 추가하여 충전량이 많기 때문에 일충전 주행거리가 450km 정도 된다.

표 5. 시범운행 천연가스버스의 제원비교

차 종		D6AB(현대)	BH116(대우)	BS106(대우)
시범운영업체		삼환교통	한국가스공사	경원여객
형 태		입 석	좌 석	좌 석
승차 정원		67	40	40
엔 진	Model	D6AB	GE12TI	GE12TI
	배기량(cc)	11,149	11,051	11,051
	최대출력(ps/rpm)	270/2200	280/2200	280/2200
	최대토크(Kg.m/rpm)	100/1400	110/1300	110/1300
	Fuel control system	Full auto elec.	Full auto elec.	Full auto elec.
차량총중량(kg)		14,465	14,450	13,005
최대속도(km/h)		130	108	108
등판능력(tan θ)		0.390	0.385	0.385
가스 용기	형 태	NGV-Ⅱ	NGV-Ⅱ	NGV-Ⅱ
	최대입력(PSI)	3600	3600	3600
	용기 크기	13" × 70" :4개 13" × 50" :2개	13" × 60" :8개	13" × 60" :6개
	WaterVol(ℓ)/ 충전량(m³)	650/165	750/220	562/160

그림10은 본 시범운행에 사용된 천연가스버스의 내부구조도를 보여주고 있다.

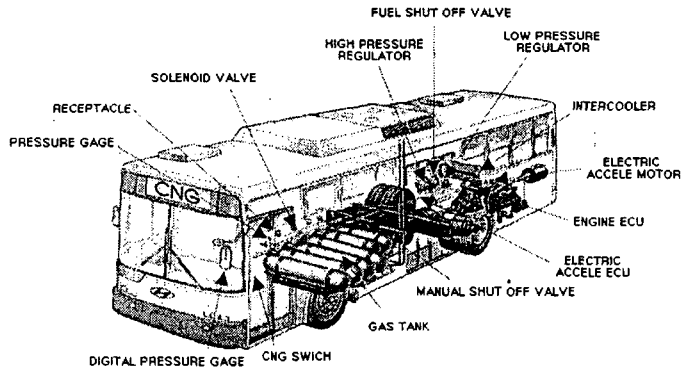


그림 4. 천연가스 버스의 내부구조도

승용차 시범운행에서와 마찬가지로 주행거리 및 연비를 측정하였다. 측정된 결과 표6에서 보는바와 같이 천연가스버스 4대에 대해 총 주행거리는 139,309km 이었으며, 평균연비는 2.2km/m³, 2.7km/kg 이고, 경유로 환산하였을 경우 1.9km/ℓ 경유로 일반 디젤버스와 비교하여 거의 동등한 연비를 나타내고 있다.

표 6. 시범운행 천연가스 버스의 주행거리 및 연비

		KOGAS	경원여객	삼환교통 (임3166)	삼환교통 (임3167)
주행기간		'98.9.15- '99.3.18	'98.9.18- '99.3.13	'98.8.15- '99.3.21	'98.8.15- '99.3.21
주행거리 (km)		8,265	66,345	29,810	34,889
연 비	km/m ³	2.4	2.2	2.0	2.1
	km/kg	3.0	2.8	2.5	2.6
	km/ℓ 경유	2.1	2.0	1.8	1.8

3) 천연가스버스 중간평가

'98.7부터 시작한 NGV 버스 시범운행에 따른 운행결과 및 각종 문제점을 파악하기 위하여 '99.3.17에 중간평가를 실시하였다. 객관적인 평가를 NGV 관련 전

문가에 의한 5점 만점에 의한 경유차(3점기준)와의 비교 평가를 하였으며, 평가 위원은 정부 및 산하기관 3명, NGV버스 관련 전문가 4명, CNG충전소 관련 전문가 4명 등 총 11명의 평가위원이 참여하였다. 버스운행, 차량성능, 안전성 관련 등의 크게 3개 항목으로 분류하였으며, 각 항목마다 세부항목으로 분류하여 각 항목에 대해 5점을 만점으로 하여 평가를 하였다.

시범운행 평가 결과를 표7와 그림12에 나타내었으며, 연료가 기체인 관계로 1회 충전당 주행거리가 짧으며, 연구용 충전설비에서 압축천연가스를 충전하기 때문에 충전시간이 경유차량 보다 긴시간이 소요되며, 초기 개발에 따른 부품신뢰성 등의 평가항목에 대해 개선이 요구되나 충전압력 상승(200bar→250,300bar), 버스전용 충전소 설치 및 관련부품들의 지속적인 기술육성 등으로 해결 가능하며 차량성능, 유지, 배출가스등 전반적으로 경유대비 우수한 것으로 평가되었다.

표 7. 천연가스 버스 시범운행 중간평가 결과

평가항목		평가결과
버스운행관련	경영자측 평가	4.7
	차량정비성	4.7
	승객측 평가	4.5
차량성능	배출가스 저감성능	4.8
	운전의 용이성	4.7
	주행성능	3.8
	시동성	4.7
	에너지절약효과	3.5
	출력	4.3
	1회 충전당 주행거리	2.7
	연료충전의 용이성 및 충전시간	3.0
	경유차,LPG차와의 비교	3.8
안전성	가스누출	4.0
	부품 신뢰성	3.0
	용기안전성	4.0
	충전소	4.0

일반적인 차량 성능(출력, 등판성능 등)은 경유버스와 비교하여 차이점이 없었으나, 천연가스 엔진의 특성상 추월 성능이 다소 떨어지며, 운행에는 지장이

없는 수준이다. 차량 유지측면에서 현재 CNG충전소는 시범·연구용이므로 버스충전에 시간이 많이 소요(안산은 25~30분, 인천은 2.5시간)되나 금년부터 상업용으로 운영시는 경유차 주유 수준(10분 이내)으로 단축 가능하다. 또한, 경유버스에 비해 1회 충전거리가 다소 짧으나, 연료용기의 추가 장착 또는 충전압력 상승으로 개선이 가능할 것으로 예상된다.

전체적인 차량 정비관리는 경유버스에 비해 문제가 없으나, 천연가스버스는 현재 수입부품이 많으므로 이러한 부품에 정비수요 발생시 가격 상승가능성이 있으나, 양산시 가격이 인하될 것으로 판단된다. 또한, NGV버스는 청정연료인 천연가스를 사용하므로 엔진오일 교환주기가 경유차량에 비해 연장이 가능하며, 정비기술 측면에서는 천연가스버스가 기존 경유버스보다 개선된 전자식 장치를 도입·제작되어 정비사들이 아직 새로운 정비기술에 미숙달된 상태이나 자동차 제작사의 협조로 신속한 정비가 이루어지고 있다.

배출가스·소음 등 환경측면에서는 기존 경유버스에 비하여 매연이 전혀 없고 오존오염의 원인물질인 NOx, HC 등도 30~40% 수준까지 감축 가능하였다. 또한 경유차에서 발생하는 냄새도 전혀 없으므로 보행자 등 시민들 반응이 좋았으며 소음 및 진동도 경유버스보다 적어 적을 뿐만 아니라 승차감이 좋으므로 일부 승객은 비슷한 시간대의 천연가스버스를 기다려 탈 정도로 반응이 좋으나 천연가스버스의 인지도 및 저공해성 등에 대한 홍보가 미흡한 실정이므로 앞으로 이 부분 대한 홍보 강화가 필요하다. 표8 은 경유와 천연가스버스의 오염물질량의 비교를 나타내고 있다.

표 8. 오염물질량비교

(단위 : g/kwh)

구 분	HC	NOx	CO	PM(매연)
경유버스(A)	0.50	7.15	1.25	0.29
천연가스버스(B)	0.15	2.64	1.59	0
B/A(%)	30	37	127	-

※ 인증시험자료(자동차공해연구소)

현재 가장 큰 관심거리가 되고 있는 안전성 분야에 대해서는 '97.1부터 '97.12까지의 천연가스승용차 시범운영과 '98.7부터 '99.3.17 중간평가 시점까지의 운영 결과를 평가할 때 차량자체의 사소한 결함만 발생했을뿐 CNG충전장치의 연료계통에는 문제가 발생하지 않았다. 또한, CNG 충전기의 운영상에서도 PLC(Programable Logic Control)제어상의 문제가 약간 발생하였을 뿐이고, 유지보수 및 안전점검만 철저히 행한다면 충전기의 안전상에 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

3. 결론

한국은 '91년에 "CNG차량 및 적정가스엔진 개발 타당성 연구"와 함께 천연가스 차량에 대해 연구를 시작하게 되어 CNG충전기 개발 연구, 천연가스차량용 연료 용기 개발연구, 천연가스 엔진 및 차량 개발연구 등으로 천연가스 차량이 한국에 실용화가 가능함을 알 수 있었다. 이러한 연구를 바탕으로 천연가스 승용차 시범운행을 실시하였고, 대도시 오염의 주원인인 시내버스의 대체를 위해 천연가스 버스 시범운행을 실시 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 천연가스차량(승용) 과 천연가스버스 시범운행을 통해 성능면에서 기존 석유 연료 차량과 동일
- 2) 대기오염 저감 측면에서는 천연가스차량이 타연료 차량에 비해 매우 우수
- 3) 일충전 주행거리가 짧은 것이 천연가스차량의 단점
- 4) 이러한 문제를 보완하기위해 일충전 주행거리 연장 문제 및 충전소 설치 문제 검토
- 5) 일정노선을 운행하는 노선버스와 공항 등의 셔틀버스로 이용방안 검토
- 6) 일충전 주행거리가 CNG차량보다 4배이상인 LNG차량과 LCNG충전기 개발 계획

4. 참고문헌

- 1) "A Study on the Development and Field Tests of Natural Gas Vehicle" KOGAS, 1997.12
- 2) Myoung Do Eom, "Status of Automotive Emission Regulation in Domestic and International" KANGV, 1999.6
- 3) 이재현, "천연가스버스 보급 정책방향", KANGV, 1999.6
- 4) "Development of packaged type CNG refueling system", KANGV, 1999.6
- 5) "천연가스자동차 시범운행 최종보고서", KOGAS, 1998.10
- 6) "NGV버스 중간평가 보고서", KOGAS, 1999.6
- 7) 한화진, "천연가스자동차 보급 타당성과 문제점 및 대책", 국회환경포럼, 1999.4.2
- 8) 한화진, "저공해연료자동차 보급 활성화 방안 연구", 한국환경기술개발원, 1996.12
- 9) 한국에너지경제연구원, 에너지통계월보 6월호
- 10) 환경부, 대기오염물질 배출량 현황, '99.4.12
- 11) 환경부, 오염물질 배출량비교(전체차종), '99.4.13