

천연가스자동차 및 충전소의 개발 및 보급동향

A Trend of Development and Diffusion of NGV and Natural Gas Refueling Station



김 봉 규 / 한국가스공사
Bonggyu Kim / Korea Gas Corporation

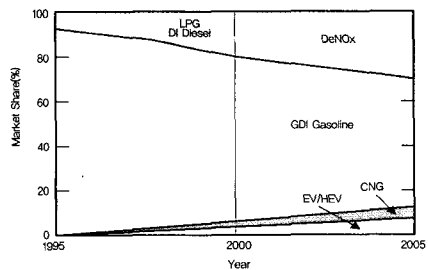
1. NGV 보급배경 및 동향

국내 대기오염 저감을 위해 정부는 2000년 6월부터 월드컵 개최도시를 중심으로 천연가스버스를 보급하기 시작하였다. 정부의 강력한 정책에 의해 천연가스버스는 상업보급을 시작한 이래 현재까지 (2005년 3월 현재) 6,431대의 시내버스 및 청소차와 170기의 충전소가 전국적으로 운영 중에 있다.

이러한 천연가스자동차는 전 세계적으로 산성비, 지구온난화 등 환경 문제가 크게 대두되고 있고, 석유 역시 2030년 이후 고갈될 것으로 예상하고 있는 상황에서 더욱 부각되고 있다. 또한 미국, 유럽을 중심으로 대기 환경 오염(Toxic Gas, 매연)의 주범인 자동차 배출가스와 지구 온난화를 유발시키는 이산화탄소의 강력한 규제 적용 등 날로 엄격한 법규가 제정 및 개정되어 가고 있다.

자동차 연료로서의 천연가스는 풍부한 매장량 및 청정성과 경제성을 모두 갖춘 현실성 있는 대체연료이며 특히 고옥탄가, 넓은 연소 한계, 낮은 미연탄화 수소 배출 특성, 지구 온난화 물질인 CO₂배출 저감

등 디젤엔진과 가솔린엔진 모두 적용이 가능한 우수한 연소 및 배출가스 특성을 갖추고 있어 향후 세계적으로 강화되는 자동차 배출가스규제에 능동적으로 대처할 수 있는 가장 현실적인 자동차이다. 또한 시장 경제원리에서도 특정 지역에 국한되지 않고 천연가스자동차의 수요가 계속적으로 증가되고 있다. 버스 및 트럭(유사 엔진 시스템으로 동일 분류)만을 고려할 경우 천연가스 버스/트럭 시장은 2001년에 약 17억불, 2005년 28억불, 2010년에 약 71억불로



〈그림 1〉 NGV 세계시장 규모(ANGV 2000 Year Annual Report)

점차 증가될 것으로 예상하고 있으며 그 추정을 다음의 <그림 1>에 나타내었다(IANGV 자료).

전세계 천연가스자동차 보급은 약 365만대이며, 연료를 공급하는 충전소도 15,000개가 넘어서고 있다. 충전소는 중대형 CNG충전소와 더불어 소형완속충전기로 개인이나 작은 규모의 사업장에서 활용하는 설비도 상당수 보급되어 있다.

2. NGV 기술동향

천연가스 차량은 1980년대 말까지의 천연가스 차량은 주로 가솔린 대비 낮은 연료 가격에 기인한 연료 경제성 측면에서 활용 됐다고 볼 수 있다. 따라서 여기에 사용된 연료 시스템 또한 연료를 엔진에 공급하는 믹서(Mixer) 타입의 단순한 Conversion System이 주를 이루었다. 1990년대에 들어서면서 자동차 배기가스로 인한 대기 오염 악화에 따라 각국의 자동차 배출가스 규제가 강화되면서 보다 정밀한 공연비 제어가 필요하게 되었으며, 이에 따라 천연가스 차량에도 전자제어 시스템이 장착되기 시작했다. 특히 유해배기ガ스를 정화시키는 3원 촉매 장치(3 Way Catalytic Converter)의 경우 HC, CO, NOx를 모두 90%이상 정화시키는 정화 효율 밴드폭이 가솔린 보다 좁아 보다 정밀한 공연비 제어가 필

수적이다.

국내 천연가스버스는 기존의 6기통 디젤엔진을 모태(母胎)로 하여 개발한 CNG엔진은 최첨단 불꽃 점화방식의 린벤엔진으로 배기가스의 배출을 최소화하여 환경오염이 발생치 않는 환경 친화적인 엔진이라고 할 수 있으며 엔진의 고마력화를 실현하여 출력 및 가속성능이 우수하여 운전자는 모든 운전조건에서 쾌적한 주행을 즐길 수 있도록 개발되었다. 천연가스버스의 기본 구조는 종래의 디젤버스와 같고, 연료계통만이 변경되었다. 사용연료인 천연가스는 디스펜서를 통하여 고압(20Mpa)의 천연가스를 차량내의 가스용기에 저장하며, 이때의 저장된 연료량은 운전석에서 압력계로 모니터링 할 수 있도록 되어있으며 내부압력의 과다 상승 시 안전밸브를 거쳐 외부로 벤팅하는 안전장치가 설치되어 있다. 압축된 가스는 용기로부터 연료 배관을 거쳐 감압밸브에서 사용압력으로 일정한 압력으로 감압된 후 공기와 혼합되어 엔진 내부로 공급된다.

동력계상에서의 엔진성능개발과 별도로 천연가스버스의 동특성 최적화 작업을 진행하여 최종성능이 튜닝된 천연가스버스와 동급 디젤 시내버스의 동력 특성을 비교 시험하였다. 천연가스는 청정연료로 연소 시 완전연소가 가능하므로 배기가스 저감효과가 탁월한 것으로 알려져 있다.

<표 1> 천연가스엔진의 연료공급장치

구 분	제 1세대	제 2세대	제 3세대	제 4세대
연료공급방식	Mixer	TBI or SPI	MPI	Direct Injection
특징	휘발유 엔진의 기화기 방식과 유사	인젝터나 슬레노이드 밸브로 흡기관 트로틀밸브 입구의 한곳에 공급하는 방식	전자제어된 연료를 흡기관마다 공급하는 방식	연소실내에 직접 연료를 공급하는 방식
국내상황	정치형 엔진에 적용	현재 버스에 적용	운행차 개조에 적용	
해외상황			선진국 일부 채택중	선행개발중

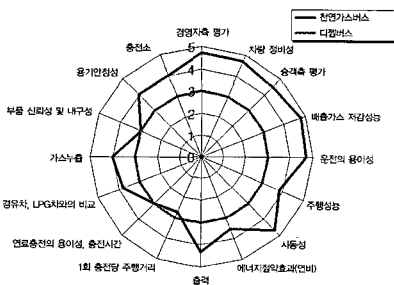
천연가스 엔진의 배출가스 수준(G-13mode 시험)을 시험한 결과, 질소산화물(NOx)은 디젤대비 60% 이상 저감하였으며, 일산화탄소(CO) 또한 약 46%를 저감되었고, 매연(Smoke)과 입상물질(PM)을 배출하지 않는 결과를 얻었다. 천연가스버스와 디젤버스의 차량성능면의 비교 결과에서도 주행성능은 동등, 발전가속성능과 추월가속성능은 디젤버스에 비하여 우수한 것으로 평가되었다. 동판성능 또한 디젤버스에 비해 다소 우수한 결과를 얻었다. 특별히 천연가스엔진이 디젤엔진에 비해 낮은 압축비 및 폭발압력과 연료분사펌프 등 구동부품의 감소 등의 요인으로 소음수준을 저감할 수 있었다. 그리고 연료 용기 무게 증가로 약 5% 정도의 차량중량 증가가 있었으나 차량 성능 측면에서는 거의 동등수준의 출력성능을 확보하였다.

〈그림 2〉에 CNG버스의 시범운행을 통한 운전자의 평가를 나타내었다.

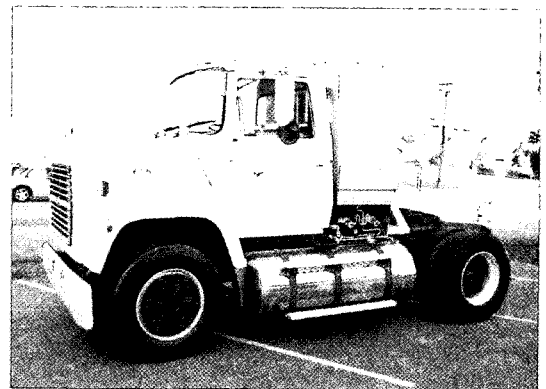
〈그림 2〉를 살펴보면 1회 충전당 주행거리에 대해서만 불만을 보이고 있고 다른 운전성에 대해서는 경유버스보다 만족하고 있다는 것을 알 수 있다. 지금까지는 운행거리가 비교적 짧은 시내버스나 청소차에 한정되어 천연가스차량이 보급되어 있지만 장

거리 운행을 위해 현재 한국가스공사와 대우상용차, 대우버스는 LNG차량을 개발중에 있으며 조만간 보급에 힘쓸 예정이다. 대상차종은 장거리 노선을 운행하는 리무진버스나 고속버스, 연료를 많이 소모하는 대형화물차를 중심으로 LNG차량을 개발하는 것이 효과적으로 판단된다. 현재 전 세계적으로 4,000 이상의 LNG차량이 대형차 중심으로 운행되고 있으며, 그 중 3,000대 이상이 미국에서 운행되고 있다.

LNG차량은 CNG차량과 동일한 엔진을 사용하지만, 연료를 기체상태인 CNG대신에 초저온 액체상태인 LNG를 사용하기 때문에 운행거리가 3배이상 증가되며, 고압의 실린더를 사용하지 않기 때문에 안전성면에서도 탁월하다. 다만 LNG를 공급할 수 있는 LNG충전소가 거의 전무하므로 LNG충전소를 확대 보급하는 것이 급선무이다. 이에 한국가스공사는 대전 낭월차고지내의 CNG와 LNG를 동시에 충전할 수 있는 LCNG/LNG복합충전소를 필두로 인천공항의 LNG 리무진 버스를 위한 LNG충전소를 건설예정이며 향후 화물차고지를 중심으로 그 수를 늘려나갈 계획이다. 〈그림 3〉과 〈그림 4〉에 미국의 LNG트럭과 대전 LCNG/LNG복합충전소를 보여주고 있다.



〈그림 2〉 CNG버스의 운행평가



〈그림 3〉 미국의 LNG트럭



(그림 4) 대전 LCNG/LNG복합충전소

3. 해외 NGV 보급동향

선진 외국에서의 천연가스자동차 동향을 살펴보면 다음과 같다. 미국의 2000 Clean Cities 프로그램은 미국 DOE(Department of Energy)지원하에 민, 관의 파트너십에 의한 대체 연료차량(천연가스, 전기, 에탄올, 프로판, 바이오 디젤 자동차)보급을 위한 제도로서 대체 연료 승용차, 트럭사용 증진, 연방주 수송규제에 맞는 대기오염 개선과 신시장 개척과 자국내 원유 수입 의존도 감소를 목적으로 하고 있다. 이 프로그램의 목표는 2010년까지 1백만대의 대체연료차량을 보급하여 그에 따른 가솔린등가 약 38억 리터의 에너지 소비량 대체와 2005년까지 80개 지자체 중 75% 정도 자립할 수 있는 기반을 마련한다는 것이다. 아울러 보급 촉진을 위해 대체연료 차량 구입촉진과 대체연료 충전소 설립확장을 장려하고 있다.

일본의 천연가스 차량도입배경을 보면 환경 오염 및 석유 의존도 감소를 목적으로 청정연료이면서 대체에너지로 실현 가능성이 높은 천연가스를 연료로 사용한 차량을 보급하게 되었으며, 특히 기존차량을 천연가스 차량으로 개조나 시스템개발이 용이

하기 때문에 적극 보급에 나섰다. 천연가스차량의 보급 주 대상은 오염이 심한 주요 대도시 지역이나 주행거리가 짧고, 운전루트가 제한된 지역 즉 시내 버스, 청소차량, 생활용품 수송차량 및 소형화물 트럭 등이다. 2000년도 일본 정부지원의 저공해 자동차 프로그램 및 인센티브 제도를 보면 전체예산 중 천연가스차량에 관한 지원예산이 30%이상을 차지하고 있으며 개조 및 충전소 설치관련 비용의 50~66%를 지원하고 있으며, 운수업자에 천연가스 차량 도입 시 지원 등 다양한 인센티브 제도를 통해 보급 확대를 유도하고 있다.

유럽에서도 석유 의존도와 CO₂ 감소를 목표로 2020프로젝트를 추진하고 있다. 이 프로젝트는 대체연료자동차 사용을 극대화하는 것으로, 대체연료 범위로는 천연가스, Bio-Fuel 및 수소로 한정하고 2020년까지 총 자동차연료의 20%까지 대체연료 보급을 목표로 저공해 차량 보급정책과 병행하여 인프라 구축을 위해 정책적으로 지원을 하고 있으며 그 차량대수는 약 2,300만대 가량된다.

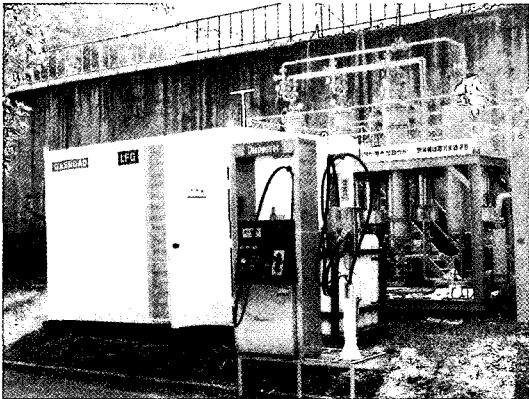
4. NGV 개조기술 동향

최근 환경부의 수도권대기질 특별법에 의해 운행 중인 경유차량을 천연가스차량으로 개조하는 사업이 진행중이다. 현재 대전시 소속의 5톤 청소차 3대를 개조하여 시범운행중이며, 1.5톤, 3.5톤, 5톤트럭을 개조하여 인증 절차중에 있다.

개조된 5톤 청소차는 대전 금고동 매립장에서 나오는 LFG(Landfill Gas : 매립가스)를 정제하여 약 95%이상의 메탄성분을 가지는 가스연료를 사용하여 LFG를 차량용 연료로 사용할 수 있는 지에 대해 타당성 연구를 수행한 결과 만족할 만한 결과를 도출할 수 있었다. 이에 LFG나 Bio-Gas를 차량용 연

료로 사용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

〈그림 5〉와 〈그림 6〉은 LFG정제시설 및 개조된 청소차를 보여주고 있다.



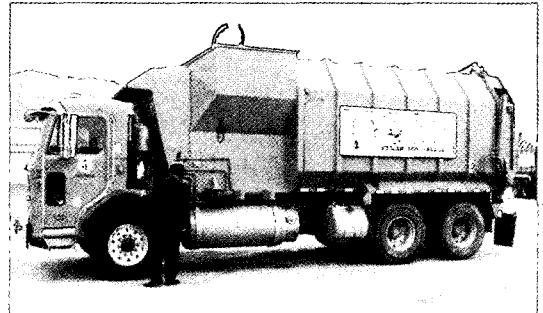
〈그림 5〉 LFG정제시설, 압축기 및 충전기



〈그림 6〉 CNG차량으로 개조된 5톤 청소차

중소형 차량의 CNG개조와 별도로 연료소비율이 높고 장거리 운행을 하는 대형화물차에 대해 LNG 혼소(Dual-Fuel)개조가 최근 연구되고 있다. 혼소 시스템이란 스파크플러그로 점화하는 대신에 미량의 디젤연료를 분사하여 연소실내에 흡입된 천연가스혼합기를 점화하는 방식이다. 이 개조방식은 전소(Dedicated)와는 달리 압축비를 낮추거나, 피스톤 형상을 변경하거나 전기점화장치 추가 등의 기존 디

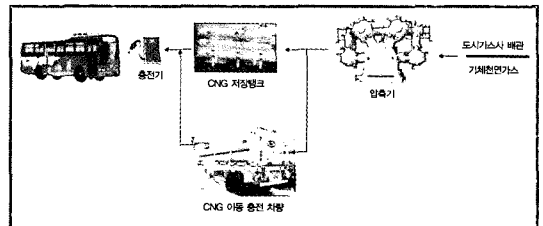
젤엔진의 변경이 전혀 없이 LNG 연료공급시스템 및 연료공급제어용 ECU만 부착하면 되므로 최소한의 비용과 개조시간으로 기존 디젤엔진에 버금가는 출력을 기대할 수 있다. 또한 LNG연료를 모두 소진할 경우 디젤만으로도 운행이 가능하여 부족한 LNG 충전소 인프라에 대응할 수 있다. 〈그림 7〉은 미국 LA에서 운행되고 있는 LNG혼소 청소차이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 대형 LNG연료탱크와 소형 디젤연료탱크를 탑재하고 있다.



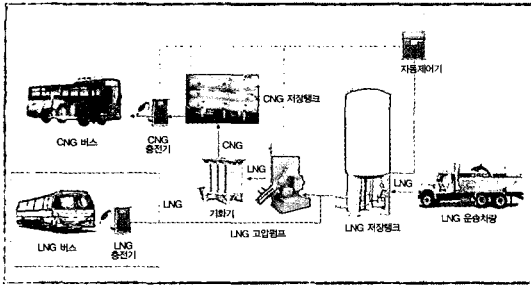
〈그림 7〉 LA에서 운행되는 LNG 혼소 청소차

천연가스차량을 운행하는데 있어서 없어서는 안 될 요건이 충전소 인프라이다.

천연가스충전소는 크게 CNG, LCNG, LNG충전소로 구별되어 지며 〈그림 8, 9〉에 나타내었다. 〈그림 8〉의 CNG충전시스템은 도시가스배관을 통해 충전소로 공급되는 천연가스를 250bar로 압축하여 고압저장탱크나 이동충전차량(Tube Trailer)에 저장하여 CNG차량에 공급하는 시스템이며, 〈그림9〉의

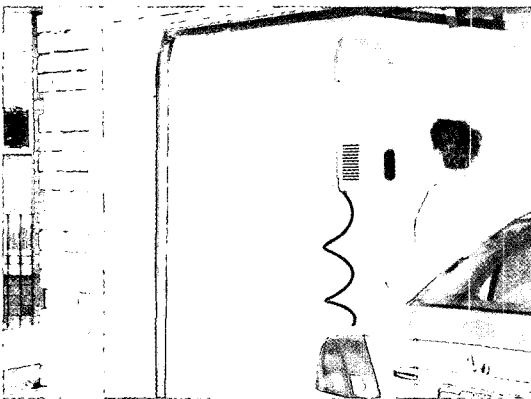


〈그림 8〉 CNG충전시스템 개요도



〈그림 9〉 LCNG/LNG충전시스템 개요도

LCNG충전시스템은 LNG저장탱크에 저장된 LNG를 고압으로 펌핑하여 기화기를 통해 CNG를 만들어 CNG차량에 공급하는 시스템으로 도시가스배관이 없는 장소에서도 CNG공급이 가능하다. 그리고 〈그림 9〉에서 LNG저장탱크에서 고압으로 펌핑하지 않고 그대로 LNG차량으로 LNG를 공급하면 LNG충전시스템이 된다. 따라서 LCNG충전소는 액체를 가압하기 때문에 기체를 가압하는 CNG충전소보다 전기료 등 유지비가 적게 들며 LNG충전소는 LCNG충전소보다 더욱더 유지비가 저렴한 것이 특징이다.



〈그림 10〉 소형 완속충전기로 충전하는 모습

이와 같은 대용량의 상업용 충전소와 별도로 〈그림 10〉과 같이 외국에서는 가정에서 자신의 승용차에 천연가스를 충전할 수 있는 소형 완속(緩速)충전기가 보급되어 있다. 가정에서 손쉽게 충전이 가능하므로 충전소 인프라가 부족한 지역에서도 천연가스차량의 보급을 가능하게 할 수 있다.

5. 맺음말

전 세계적으로 천연가스자동차가 보급이 활발히 이루어지고 있는 이유는 환경적인 측면과 경제적인 측면이다. 선진국에서는 배기오염이 전기자동차다음으로 적은 천연가스자동차로 대기질 개선을 꾀하고 있고 동남아시아나 남미와 같이 천연가스가 생산되는 개발도상국에서는 원유를 수입할 자본이 없어 천연가스자동차의 보급에 힘쓰고 있다. 우리나라와 같은 경우는 대기질 개선과 함께 원유의존도를 줄이는 동시에 에너지 다변화를 위해서도 천연가스자동차의 보급이 절실하다. 우리나라는 세계 5대 자동차 생산국으로서 자동차개발기술은 세계 어느 나라에 비해서도 뒤떨어지지 않으나 보급 초기인 만큼 시장이 작고 충전소 인프라도 부족하여 자동차제작사에서 적극적인 개발을 주저하고 있으며 국내 관련법도 제정되어 있지 않기 때문에 NGV보급에 많은 장애가 있는 것은 사실이다. 그러나 정부의 강력한 대기오염 저감의지와 국민들의 삶의 질 향상과 물류회사들의 유류비저감 등이 공통된 이해관계를 형성하여 그 보급 환경이 조금씩 그러나 확연히 개선되고 있음을 절실히 느낄 수 있다.

(김봉규 연구개발원 : bongbong@kogas.or.kr)