

# CNG 차량의 개발현황과 전망



姜完植

〈동력자원부가스기획과·화공기좌〉

## 1. 머리말

환경오염은 대기오염, 수질오염, 토양오염으로 대별되고 그중 대기오염은 연료사용시 발생하는 폐가스와 먼지, 화산재등으로 구분된다.

이중에서도 가장 오염배출량이 많고 문제되는 것이 바로 우리 일상생활에서의 연료 사용시 배출되는 폐가스인데 이것도 취사·난방용 연료와 차량연료로 세분되는데 정부에서는 연료사용에 따른 대기오염 방지를 위하여 저유황유, 무연휘발유, 가스등·저

공해 연료보급을 확대해 나가고 있으나 절대사용량이 증가되고 있어 대도시지역 및 공업단지주변의 공기오염도가 환경기준치를 상회하는 곳이 많다. 이러한 현상등과 관련하여 최근 신문지상에 이따금씩 대도시지역의 경유차량매연방지를 위하여 천연가스를 이용한 CNG 차량개발보급계획이 보도되고 있으나 CNG 차량에 대한 일반현황이 체계적으로 정리된 자료가 없어 잘알려지지 않아서 생소한 감이 많았다. 따라서 CNG 차량은 어떤 것을 말하며 국내의 개발현황과 전망은 어느 수준이고 앞으로 국내에 개발보급될시 에너지 업무를 관장하고 있는 동력자원부와는 어떤 관련사항이 있는지를 정리해 보고자 한다.

## 2. CNG 차량의 일반개요

### 가. 개념

천연가스(Natural Gas)를  $-162^{\circ}\text{C}$ 의 초저온으로 냉각하여 액화시킨 것을 액화천연가스(Liquefied Natural Gas), 즉 LNG 라고 일컫는데 비하여 CNG란 천연가스를 강철 또는 알루미늄등의 재질로 특수하게 제작된 소형용기 즉 Cylinder에 프로판가스의 압축압력인  $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 보다 약 20배가 큰  $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 초고압으로 압축시킨 압축천연가스(Compressed Natural Gas)를 CNG라고 줄여서 말한다. 따라서 CNG 차량이라고 하면 석유대체 또는 공해방지를 목적으로 자동차연료를 기존의 석유제품인 휘발유(Gasoline)나 경유(Diesel) 대신 청정연료인 CNG를 사용하는

차량을 말하게 되는데 우리나라에는 영업용택시와 같이 휘발유대신 LPG를 사용하는 LPG 차량은 있으나 CNG를 연료로 사용하는 CNG 차량은 아직까지 운행되고 있지 않다.

#### 나. 원리

CNG 차량의 원리는 LPG 차량과 같이 기존 가솔린기관 또는 디젤기관의 연료계통을 일부개조하여 CNG만 전용 또는 CNG와 기존연료를 겸용내지 병용토록하는 것으로 시설개조는 Gas-Air Mixer 즉 기화기와 연료계통 및 CNG 저장용기(Cylinder)가 주요 설비이며 가솔린기관과 디젤기관형태에 따라 다음과 같이 각각 다르다.

#### ○ 가솔린 기관의 CNG 사용차량

휘발유 차량에 CNG 연료계통을 추가설치하여 운전자의 필요에 따라 휘발유나 CNG 연료중 택일하여 사용토록 하는 겸용시스템(Bi-Fuel System)과 CNG만 전용으로 사용할 수 있도록 하는 전용시스템(Single-Fuel System)이 있다. CNG 충전소 설치가 도시가스배관이 설치된 지역에 제한을 받기 때문에 2차 석유위기 이전까지만 해도 충전소설치 제약등으로 인하여 전용보다는 겸용시스템이 잘 보급되다가 '80년대 이후에는 석유대체에 의한 도시가스보급확대, 충전소 설치증대로 CNG 전용시스템의 보급이 우세를 보이고 있다.

#### ○ 디젤기관의 CNG 사용차량

GAS-Air Mixer(기화기)로 CNG와 공기를 혼합한 혼합기체를 실린더내에서 경유와 혼소시키는 방법인 병용시스템(Dual-Fuel System)과 경유는 사용하지 않고 CNG만 공기와 혼합하여 연소시키는 방법인

전용시스템(Single-Fuel System)이 있으나 전용시스템의 경우 현기술수준으로는 출력이 다소 떨어지는 문제점이 있어 병용시스템이 상용화되고 있는 추세이다.

#### 다. CNG 차량의 장·단점

CNG 차량은 기존의 휘발유 또는 경유차량에 비하여 청정연료인 천연가스를 사용하기 때문에 배기가스의 공해도가 10~90% 감소되며 메탄(CH<sub>4</sub>)을 주 성분으로 하기 때문에 완전연소를 통한 열효율 향상으로 에너지소비절감 및 엔진수명연장효과가 있고 천연가스매장량이 석유보다는 풍부하기 때문에 공급안정성이 있는 장점이 있는 반면, 도시가스배관망 및 충전소가 없는 곳에서는 충전이 불가능하고 일반적으로 충전시간이 많이 소요(최소 3분~최장 8시간)되며 실린더당 주행거리가 약 200km로 짧으며 차량에 연료계통을 개조하는데 비용 추가부담이 발생(승용차: 대당 60만원 내외, 버스: 대당 250만원 내외)하는 단점이 있다.

### 3. 외국의 CNG 차량 개발보급실태와 전망

#### 가. CNG 차량개발경위

CNG 차량의 개발역사는 1930년대 천연가스생산국인 이탈리아에서 휘발유와 CNG 겸용차량을 최초 개발하여 실용화하기 시작했듯이 그 효시이며 1960년대에는 미국 캘리포니아에서 대기오염방지를 위하여 CNG 차량을 사용하기 시작하였고 1970년대에 제1차 석유파동시 휘발유가격의 급등으로 인한 석유 대체에너지 활용방안의 일환으로 미국등 일부천연

〈표 - 1〉 국별 CNG 차량 보급현황 (단위: 대수)

국명	휘발유차 전환	경유차 전환	계
이탈리아	270,000	70	270,070
스페인	200,000	-(40만대)	200,000
독일	110,000	50	110,050
미국	30,000	50	30,050
캐나다	15,000	10(토론토: 100대)	15,010
아르헨티나	10,000	-	10,000
중화인민공화국	1,500	-	1,500
일본	900	150	1,050
인도	2	-	2
합계	1,341	46	1,387
합계	638,743	376	639,119

〈자료〉 日本가스연맹

주: 상기 CNG 차량 보급국가는 모두 천연가스 생산국가임(日本도 연간 120만톤 생산중).

( )는 국내자동차 업체가 해외 출장시 파악한 비공식자료.

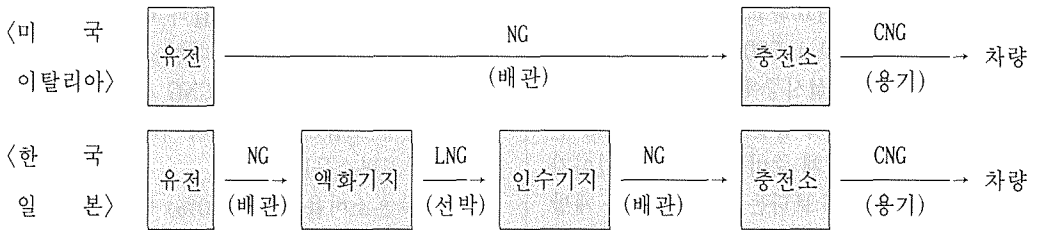
가스 생산국가에서 본격적으로 개발사용하게 되었다. 1980년대 초반에는 세계 최대 산유국의 하나인 소련이 석유는 가능한 수출하여 외화획득에 사용하고 국내에서 무한정 생산되는 천연가스는 파이프라인으로 유럽지역에 수출하고도 남기 때문에 석유 대체를 위하여 승용차, 버스, 트럭 등 차량연료의 CNG 전환을 적극추진하기에 이르렀으며 1980년대 중반 이후에는 대기오염 방지를 위하여 일부국가에서 경유, 차량의 CNG 대체기술을 개발하여 실용화하기 위한 노력을 기울이게 되었다. 이러한 각국별 CNG 차량개발사용 노력에 의하여 현재 전세계에는 약 20여개 국가에서 총 60여만대의 CNG 승용차가 운행중에 있는 것으로 파악되고 있으나 <표-1참조>, 이는 1988년 日本에서 조사발간된 자료이며 동자료

이외에는 공식적으로 파악된 숫자가 없어서 인용은 곤란하나 '88년 이후 이들 국가에서 더 많은 CNG 차량을 제작사용하고 있는 것으로 전해지고 있다.

나. 日本의 CNG 차량개발현황

日本은 천연가스가 연간 약 120만톤 정도 생산은 되고 있으나 소비량이 약 2,700만톤 정도로 대부분을 수입에 의존하고 있는 세계 최대 LNG 수입국이기 때문에 CNG 차량이 보급되지 않고 있다. 그러나 美國의 자동차수입규제 움직임과 천연가스수요개발 등의 목적을 위해 자동차메이커와 도시가스회사가 손을 잡고 CNG 차량개발에 착수하여 '91년말 CNG를 이용한 저공해 승용차엔진을 개발하여 현재시험운행단계에 있는 것으로 보도되고 있다.

<표-2> 천연가스 생산국과 수입국의 CNG 제조과정 비교



4. 우리나라의 CNG 차량 개발현황과 계획

가. 휘발유사용 승용차에 대한 CNG 차량

○ 국내개발 필요성여부

<표-1>에서와 같이 이탈리아, 소련, 뉴질랜드, 美國, 캐나다등과 같은 나라는 CNG 승용차가 많은데 왜 日本과 우리나라는 없을까. 아니 왜 보급을 하지 않는것일까? 하는 의문이 생기게 된다. 그 이유는 경제성 때문이라고 생각한다. 이들 국가는 천연가스를 직접 생산하는 산유국이기 때문에 석유대체 또는 석유수출을 목적으로 천연가스를 파이프라인으로 직접수송한후 충전소에서 곧바로 CNG를 제조하는데 비하여 우리나라는 석유나 LNG 모두 외국에서 수입하고 있는 나라이며 특히 LNG의 경우는 우리나라 인접국가에서 파이프라인에 의해서 천연가스(N·G) 상태로 수입하는것이 아니고 인도네시아해상

에서 생산된 천연가스를 액화기지에서 초저온(-162℃)으로 액화시킨다음 선박으로 -162℃의 LNG를 수송하여 평택인수기지에 하역·저장후 이를 다시 열을 가하여 기화시켜서 파이프라인으로 서울등 수도권에 수송한후 충전소에서 CNG를 제조하여야 하기 때문에 투자비가 많이 소요되어 경제성문제로 국내사용 필요성이 매우 낮은 때문이며 또 하나의 이유는 선진외국에 비하여 총석유수요중 휘발유 수요 비중이 7% 수준으로 낮은 실정이고 휘발유차량의 대기공해가 그리 심하지 않아 CNG 차량으로 대체 효과가 크지 않다는 이유이다. 日本의 경우도 석유 수요중에 휘발유수요 비중이 22%나 되면서도 LNG 수입사용국이기 때문에 휘발유차량의 CNG 대체를 추진하지 않고 있다.

그러나 우리나라도 국내사용을 위해서가 아니고 미국등 자동차수입국의 배기가스규제강화 및 대체 연료차량의 일정비율 수입의무화계획에 대비하여

국산승용차의 해외수출장벽 극복을 위하여 자동차 메이커들의 CNG 승용차개발이 필요한 상황이다. 美國은 대기정화법(Clean Air Act)을 개정하면서 연차별로 자동차 배기가스 기준을 강화하는 한편 '96년부터는 휘발유 대체연료차량 즉 배터리를 이용한 전기자동차, CNG 차량, 메탄을 자동차등의 수출을 2% 이상 의무화할 계획으로 있어 자동차 수출국들이 저공해 자동차개발에 심혈을 기울이고 있다.

○개발경위 및 현황

휘발유사용차량 즉 가솔린기관에 대한 정부차원의 CNG 개발계획은 아직 수립되어 있지 않은 상태이며 다만 大宇자동차(주)를 선두로 자동차메이커들이 해외자동차수출을 위한 자구책으로 '90년도부터 CNG 승용차엔진개발에 착수하였는데 大宇자동차(주)는 '89.11~'91.10 기간에 걸쳐 10억원의 연구비를 투입하여 프린스 2000에 CNG 사용이 가능한 CNG 엔진을 개발완료하고, 2단계로 '91. 8~'92. 7에 걸쳐 에스페로 1,500cc DOHC 승용차에 CNG 엔진 적용시험을 실시중에 있다. 現代자동차(주)는 '90년대 중반까지 휘발유승용차의 CNG 엔진개발계획을 목표로 현재 준비중에 있으며 기아자동차(주)의 경우는 CNG 보다는 메탄올자동차 개발에 주력하고 있어 CNG 차량개발계획은 아직 수립되지 않은 상태이다.

한편 정부쪽에서도 상공부, 환경처 모두 휘발유승용차의 CNG 대체계획은 전혀 갖고 있지 않으며, 다만 자동차업계의 CNG 부품개발연구에 상공부에서 공업기반기술 과제기금을 일부지원하고 있을 뿐이다.

나. 경유사용차량에 대한 CNG 차량

○국내개발 필요성

경유를 연료로 사용하는 차량은 휘발유승용차 경우와는 달리 경제성문제를 떠나 대도시지역의 차량매연등 대기오염 완화를 위한 환경정책적 차원에서 시내버스등 일부 경유차량의 연료대체를 위한 CNG 엔진개발은 필요하다고 본다.

○개발경위 및 현황

환경처가 주관이 되어 자동차메이커(현대) 자동차부품회사(창원기화기), 연구소등과 함께 해외의 CNG 차량사용실태를 현지시찰후 대도시 시내버스

의 CNG화 계획을 수립추진중에 있으며 자동차메이커중에서는 現代자동차가 창원기화기와 합작으로 캐나다 AFS사에 현대가 제작한 버스의 CNG 혼소엔진을 개발의뢰하여 '92년 3월중으로 2대를 도입할 예정으로 있으며 기아자동차도 한·소기술협력의 일환으로 기아에서 생산한 청소용트럭과 엔진 각 1대씩을 지난해 12월 러시아 NAMI 연구소에 보내어 CNG 사용가능성을 연구의뢰중에 있으나 大宇자동차는 아직 계획이 없는것 같다.

【환경처의 시내버스 매연저감을 위한 CNG 혼소장치 시험계획】

- 추진계획

- 제1단계('91) : 국내 적용시험 준비(시험장비 및 대상차종 선정등)
- 제2단계('92~'93) : 적용시험실시(CNG엔진도입후 시험실 및 도로주행시험 병행)
- 제3단계('94) : 시험결과 평가 및 정책반영(신규 및 기존차량에 대한 조치)
- 제4단계('95이후) : CNG 사용 자동차 보급확대(보급대상 : 대도시 시내버스, 청소차 및 공공버스등)

- CNG 혼소비율 : 경유(20%) + CNG(80%)

- 시험기관

- 주관기관 : 환경처(전체계획주관), 자동차공해연구소(시험 주관)
- 협조기관 : 한국기계연구소, 자동차메이커, 자동차부품회사, 한국가스공사, 도시가스협회(서울도시가스), 시내버스회사

- 기관별 협조사항(총 소요자금 : 157백만원)

- 한국가스공사 : 연료혼소장치 3Set 구입후 차체통근차 및 시내버스에 부착(24백만원)
- 서울도시가스 : CNG 충전기 1Set 도입·설치 운영(54백만원)
- 기계연구소 : CNG 엔진성능 및 연비시험(5백만원)
- 현대자동차 : CNG 엔진개발비, 기술자 초정비등(34백만원)
- 창원기화기 : CNG 엔진개발비, 연료혼소장치국산화개발, 기술지원비등(40백만원)

## 5. CNG 차량개발보급시 동자부 관련사항

### 가. CNG 충전소 안전성

CNG는 LPG 충전시의 압력(10kg/cm<sup>2</sup>)보다 약 20배가 큰 고압(200kg/cm<sup>2</sup>)으로 압축하기 때문에 안전성문제가 대두될 가능성은 있으나 CNG 용기를 600kg/cm<sup>2</sup> 압력에도 견딜수 있도록 제작하고 있으며 CNG는 누출시 공기보다 비중이 가벼워서 대기중으로 날아가버리므로(LPG는 공기보다 무거워서 지표면에 깔리기 때문에 위험함) 화재·폭발위험성이 적어서 외국에서는 LPG 충전소, 주유소에 CNG 충전기를 병행설치하고 있는 사례를 감안할때 안전성문제는 별문제시하지 않아도 될것 같다.

### 나. CNG 충전소 설치

CNG 충전사업의 허가문제는 현재 LPG 충전사업을 「액화석유가스의 안전 및 사업관리법」에서 허가사항으로 규정하고 있어 사업간의 형평성등을 고려할때 CNG 충전사업도 앞으로 「도시가스사업법」에 별도의 허가대상사업으로 신설하는 문제를 검토할 필요가 있으며 시설의 설치기준문제는 현행 LPG 충전소 설치기준인 「고압가스 안전관리법」의 관련규정을 적용하면 될것 같으나 LPG 충전소와는 달리 지하원료 저장탱크가 필요없고 도시가스회사와의 지

하배관만 연결하면 되므로 일부규정의 보완적용은 필요할 것이다.

또한 CNG 충전소의 설치지역은 천연가스가 공급되는 대도시지역중 도시가스배관설치가 가능한 LPG 충전소나 시내버스회사 차고지등에 설치될 전망이다.

### 다. CNG 수급

환경처가 추진중인 시내버스 CNG 혼소시험결과가 양호하여 오는 '96년 이후 6대도시의 시내버스 16천대가 CNG 혼소로 전환된다고 가정할시 연간 LNG 수요는 89천톤이 증가되나 '96년도 LNG 수요가 약 740만톤이내되어 LNG 수급상에는 큰 영향이 없을 것이다.

### 라. CNG 가격 책정

CNG 차량이 운행되게 되면 도시가스회사가 CNG 충전소에 공급하는 천연가스(도시가스) 가격과 충전소가 천연가스를 충전후 소비자(차량)에게 판매하는 최종소비자가격을 용도별, 에너지원별 가격등을 고려하여 책정해야 할 것이다. 참고로 현단계에서 추정해온 CNG 차량의 연료가격수준은 별표 3과 같다.

CNG에 관한 독자의 이해를 돕고자 외국의 CNG 개발차량과 CNG 충전소 및 우리나라 시내버스에의 CNG 연료탱크 부착구조예상도를 게재한다.

〈표 - 3〉

에너지원별 가격비교(추정)

#### 1. 국민경제부담 측면에서의 비교

- 전제 : 에너지원별 수입가격('92.3)에 정부부담비용 동일(관세만 1% 부담) 적용기준

에너지원별	수입가격(a) (관세 1% 포함)	유통 단계별 비용					소비자 가격			
		수입기지	도시가스 회 사	대 리 점 충 전 소	주 유 소	계 (b)	합 계	열량단가 (원/천kcal)	지수	
휘발유 (원/ℓ)	\$/B 25.96 (125.24)	① 2.09 (10.1)	-	② 0.83 (4)	6.10 (29.41)	9.02 (43.51)	34.98 (168.75)	20.33	100	
경 유 (원/ℓ)	\$/B 23.74 (114.53)	① 1.82 (8.8)	-	② 0.83 (4)	2.88 (13.92)	5.53 (26.72)	29.27 (141.25)	15.35	76	
L P G (원/kg)	\$/톤 156.55 (120.07)	68.53 (52.57)	-	73.32 (56.24)	-	141.85 (108.81)	298.40 (228.88)	19.40	95	
L N G (원/m <sup>3</sup> )	\$/톤 175.32 (108.62)	63.0 (39.03)	77.06 (47.74)	80.70 ③(50)	-	220.76 (136.77)	396.08 (245.39)	23.37	115	

주 : ①정유사의 수송·저유비용(6.2원/ℓ) + 유종별 가치비율을 감안한 허용이윤(휘발유: 3.9원/ℓ, 경유: 2.6원/ℓ)

②인천~서울간 2차 수송비(4원/ℓ)

③CNG 충전소 비용 50원/m<sup>3</sup> 전제

④산업용 "갑" 도시가스(194원/m<sup>3</sup>)에 충전비용 50원/m<sup>3</sup> 반영전제로 추정 한 CNG 가격

2. 최종소비자부담 측면에서의 비교

- 전제 : 현행 국내 에너지가격 구조상의 최종소비자가격 적용기준(각 에너지종별 정부부담비용 적용 상이)  
 \* 정부부담 비용의 종류 : 관세, 석유사업기금, 가스안전관리기금, 특별소비세, 부가세

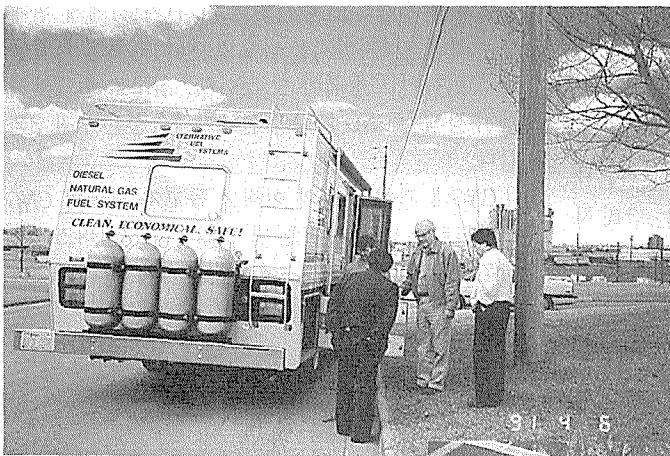
구 분	휘발유 차량			경 유 차 량	
	휘 발 유	L P G	C N G	경 유	CNG+경유
현행 소비자 가격	477/원 ℓ	165원/ℓ	① 244원/m <sup>3</sup>	182원/ℓ	244원/m <sup>3</sup> , 182원/ℓ
열량(kcal)	8,300/ℓ	6,890/ℓ	10,500/m <sup>3</sup>	9,200/ℓ	10,500/m <sup>3</sup> , 9,200/ℓ
열량단가(원/천kcal)	57.47	23.95	23.24	19.78	② 22.55
대비	100	42	40	34	39
연비(km) ③	9.23/ℓ	9.19/ℓ	14.05/m <sup>3</sup>	2.5/ℓ (105천km/년)	-경유 : 2.69/ℓ -CNG : 4.73/m <sup>3</sup> (105천km/년)
주행연료단가(원/km)	51.68	17.95	17.37	764만원/년	741만원/년
대비	100	35	34	100	97

주 : ①CNG 가격은 산업용 “갑” 도시가스가격 194원/m<sup>3</sup>에 충전비용 50원/m<sup>3</sup> 반영전제

②CNG와 경유의 혼소비율은 80 : 20 전제

③연료별 자동차 연비(km/ℓ)는 휘발유차량은 환경처 및 경유차량은 창원기화기 제시자료 기준

(첨부 1) 외국의 CNG 차량



『캐나다』가 제작 운행중인  
『CNG 시범버스』



『소련』의 NAMI 연구소가 개발  
운행중인 『CNG 트럭』

(첨부 2) 외국의 CNG 충전소



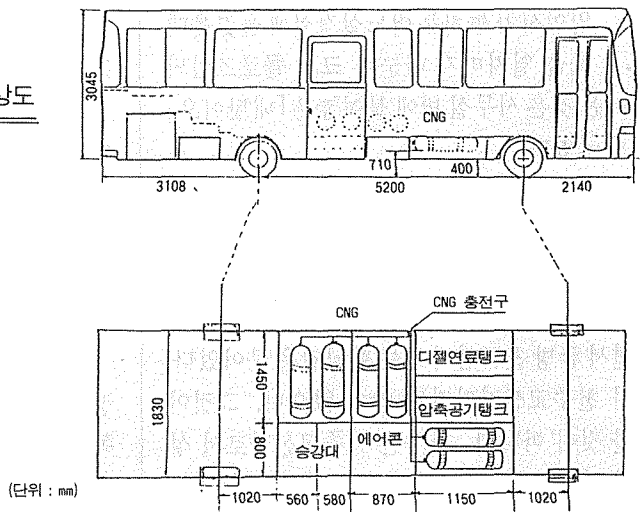
『캐나다』 밴쿠버 근교에 있는 『CNG 충전소』



CNG 충전기

(첨부 3)

한국의 CNG 혼소장치 버스구조 예상도



(단위 : mm)