



휘발유 대체연료 개발현황과 문제점

# CNG자동차 보급촉진을 위한 정책과제

김 경 술

〈에너지경제연구원 선임연구원〉

## 1. CNG자동차의 개요

천연가스 자동차는 천연가스를 연료로 사용하여 운행되는 자동차로, 연료의 저장형태에 따라 압축천연가스(Compressed Natural Gas) 자동차, 액화천연가스(Liquefied Natural Gas) 자동차, 흡착천연가스 자동차 등으로 분류된다. 이중 수송용 석유를 대체하기 위하여 집중적으로 개발되고 있는 자동차는 압축천연가스(CNG) 자동차이다. CNG 자동차는 고압으로 압축한 천연가스를 고압용기 형태로 차량에 탑재하는 자동차로 각국이 이미 기술적인 개발을 완료하고 경제적, 실용적 보급타당성을 검증하기 위한 시범보급사업을 진행하거나 이미 그 단계를 지나 일반용으로 보급되고 있는 단계에 있다.

천연가스를 이용하는 엔진에는 기존 가솔린엔진을 개조하는 방식과 디젤엔진을 개조하는 방식, 그리고 CNG 전용엔진 등으로 대별된다. 가솔린 엔진의 경우 간단한 개조과정을 통해 비교적 용이하게 천연가스를 사용할 수 있는 반면, 디젤엔진은 상당부분의 개조가 불가피하다. 그로 인해 현재 해외 각국에서 운행중인 대부분의 CNG차량은 가솔린엔진을 개조한 경우이며, 디젤엔진의 개조는 소량에 불과하다. 가솔린엔진 개조 방식은 엔진이 복잡하고 중량이 증가하는 문제를 가지고 있고 디젤엔진 개조방식은 대기오염물질 저감효과가 크지 못하다는 문제를 가지고 있어, 향후에는 CNG 전용차량이 중점적으로 개발, 보급될 것으로 평가되고 있다.

## 2. CNG자동차의 성능특성

일반적으로 논의되고 있는 자동차 연료로서의 천연가스의 장점은 효율이 높고, 자원량이 풍부하며, 환경적 특성이 우수하고 연료의 청정성으로 인해 엔진의 수

명이 연장되며 유지비용을 저감할 수 있다는 점이 강조된다.

CNG 자동차의 최대의 장점은 천연가스가 가지는 환경적 우수성이다. 천연가스의 대부분을 구성하고 있는 메탄은 탄화수소족의 연료중에서 가장 간단하고 안정적인 연료로 종래의 다른 연료에 비해 최적 운전조건에서 가장 우수한 배기특성을 가지는 연료이다.

천연가스 연소는 일산화탄소의 배출이 거의 없고, 매우 작은 양의 탄화수소가 형성된다. CNG전소 차량의 경우, 질소산화물의 저감효과도 뛰어나며, 메탄배출물의 증가가 문제이나 엔진설계의 최적화와 최적운전에 의해 상당부분 제어될 수 있어 기존의 가솔린 연료와 비교할 때, 환경적으로 매우 우수하다. 특히 발열량당 이산화탄소의 배출이 기존 연료에 비해 월등히 적고 스모그나 입자상물질(PM)의 발생이 적다는 점에서 대도시 환경문제와 지구온난화 문제에 대응하는 자동차 연료로 각광을 받고 있다.

국내의 경우, 연료가격 면에 있어서도 기존연료에 비해 월등히 경제적인 것으로 평가되고 있다. 연료가격의 비교는 정확한 주행연비 등의 성능비교가 전제되어야 하므로 일반화하기 어려운 점이 있으나 승용차, 시내버스, 중형화물차 등의 전자종에 걸쳐 경제적인 것으로 보고되고 있다.

CNG의 단점은 상온에서 액체인 가솔린, 디젤 등에 비해 편리성에서 불리하다. 천연가스는 상온에서 비등점이 낮은 기체상태이므로 차량탑재를 위해서는 대기압하에서 -161°C의 저온을 유지할 수 있는 용기가 필요하다. 비록 CNG상태로 압축되었다 하더라도 그 밀도는 액상연료의 1/4정도에 불과하다. 그러므로 용기의 크기는 동일조건하에서 기존 액상연료에 비해 4배가 소요된다 이러한 CNG적재용기의 제약은 1회 충전 운행거리의 제한으로 연결된다.

아직은 천연가스 차량이 기존 차량에 비해 비싸다는 것도 단점으로 지적된다. CNG 자동차의 차량가격은

〈표-1〉 CNG 자동차의 환경적 특성비교

(단위 : g/Km)

	경 유 차	천연가스자동차
CO	4.9(1996)	0.15
HC	1.2(1996)	0.05(NMHC)
NOx	11.0(1996)/9.0(1998)	3.4
PM	0.9(1996)/0.5(1998)	0.05

〈주〉 천연가스 시내버스의 환경특성임

〈자료〉 환경처

〈표-2〉 자동차 연료의 안전성 비교

	단위	휘발유	경유	LPG	CNG
자연발화온도	°C	226	260	405	537
가연범위	V%	1.0-7.6	0.5-4.1	1.8-8.4	5.0-15

〈자료〉 (주)삼천리 기술연구소

〈표-3〉 자동차의 사고율 비교

(미국 전차량 1.6억km주행당 사고내용)

	휘발유자동차	CNG자동차
발화건수	2.9	0.72
사망자수	2.2	0.00
사망자수	79.1	52.1

〈주〉 미국가스협회 자료

〈자료〉 (주)삼천리 기술연구소

〈표-4〉 CNG 자동차의 연료가격 비교

(단위 : 원/Km)

		승용차	시내버스	중형화물차
천연가스	조정가	21	82	41
석유	휘발유	71	—	—
	경유	—	118	59

〈자료〉 (주)삼천리 기술연구소

IPCC의 평가에 의하면 가솔린점용차량의 경우, 대당 \$2,250-3,250의 추가비용이 소요되는 것으로 평가되고 있으며, 국내의 경우도 대형차량은 대당 1,200만원 중, 소형은 500만원 정도의 비용상승이 불가피한 것으로 알려지고 있다. 그러나 지속적인 기술개발에 따라

〈표-5〉 CNG 자동차의 성능

	특 성
성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>적용부문 : 수송부문(차량)</li> <li>- 응용분야 : 승용차, 경량/중량 화물차 및 도시버스</li> <li>- 표준규격 : 비교급 가솔린 자동차와 동일 또는 약간 정도 큼</li> <li>- 사용연료 : 압축천연가스</li> <li>- 성능 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 점용차량 : 비교급 가솔린 차량보다 효율적</li> <li>• 전용차량 : 비교급 가솔린 차량보다 10%정도 효율적</li> </ul> </li> <li>- 내구년한 : 승용차의 경우 10~15년</li> <li>- 개발현황 : 상업화 달성</li> </ul>
비용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평가기준 : 미국, 1991</li> <li>- 자본 및 설치비용(대량생산시) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가솔린점용차량 : \$2,250-3,250/car</li> <li>• 전용차량 : \$900/car</li> </ul> </li> <li>- 유지비용 : 비교급 가솔린 차량과 동일</li> <li>- 연료비용 : \$0.77-1.27/gallon (가솔린 환산)</li> </ul>
환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐기물 : 차량 배기가스와 가스누출로 인한 배출이 관심의 대상</li> <li>- 대기오염 : (가솔린차량 비교시) <ul style="list-style-type: none"> <li>• NOx : 증대(비체어시)</li> <li>• CO : 90% 감소</li> <li>• Methane : 증가</li> <li>• NMVOC : 감소, 전용차량의 경우 80-90% 감소</li> <li>• SO<sub>2</sub> : 감소</li> <li>• CO<sub>2</sub> : 0.07171bs/mile (가솔린차량에 비해 20% 저감), 메탄을 포함한 총 온실가스 배출량 20% 저감 (연료생산 및 수송과정 감안)</li> </ul> </li> </ul>

〈자료〉 Inventory Technologies Methodes and Practices for Reducing Emission of Greenhouse Gases, IPCC Second Assessment Report, IPCC, 1994

점차 개선되는 추세를 보이고 있으며, 대량생산이 가능해진다면 가격차이는 점점 축소되어갈 것으로 평가된다.

CNG 자동차의 성능은 실험모드에 따라 결과가 다

양하므로 일반화하기에 곤란한 점이 있으나 IPCC(Intergovernmental Pannel on Climate Change)평가한 결과에 따르면 가솔린 자동차에 비해 효율적이다.

### 3. 국내의 보급현황

천연가스가 자동차 연료로 일반적으로 이용되기 시작한 것은 1930년의 이탈리아가 최초였으며, 1960년대에는 미국에서, 1980년대 이후부터는 뉴질랜드, 캐나다 등으로 확산되었다.

세계적으로 천연가스 자동차는 약 100만대 정도가 운행되고 있으며 가솔린과 천연가스를 동시에 이용할 수 있는 형식이 주종을 이루고 있다. 미국이 약 3만대, 캐나다가 약 3만3천대 정도로 주정부나 공공 교통기관 가스사업자의 업무용 차량 등을 중심으로 보급되어 있으며, 천연가스 산출국인 러시아가 약 47만대, 이탈리아 약 23만5천대 정도 보급되어 있고 뉴질랜드가

〈표-6〉 세계 각국의 CNG 자동차 보유현황

국 가	보유대수(대)
러 시 아	470,000
이 탈 리 아	235,000
뉴 질 랜 드	150,000
아 르헨티나	60,000
미 국	30,000
캐 나 다	33,000
중 국	1,200
이 란	1,200
호 주	1,050
기 타	1,850
합 계	983,300

〈자료〉 1) 오진규 외 기후변화협약 관련 국가보고서 작성 및 대응 방안 연구, 에너지경제연구원, 1995. 12

2) 오박근 외, 압축천연가스를 이용한 상용차량 개발에 관한 최종보고서, 통상산업부, 1995. 2

약 15만대, 아르헨티나가 약 6만대 정도 보급되어 있어 선진국, 개발도상국을 불문하고 이미 광범위하게 보급이 확대되는 양상을 보이고 있다.

국내의 경우에도 1980년대 후반부터 국공립연구기관과 자동차회사를 중심으로 CNG자동차의 개발을 위한 연구개발을 추진해오고 있다. 대우자동차는 1990년부터 승용차(씨에로)를 개발하여 시험단계에 있으며, 현대자동차는 승용차(엑센트)를 개발완료하여 1998년부터 생산을 추진하고 있다. 기아자동차도 스포티지 전소엔진을 개발하여 시험단계에 있으며, 대우중공업이 1997년 생산을 목표로 전소형 시내버스를 개발중에 있고 아시아자동차도 전소엔진용 차량개발을 진행하고 있다. 정부도 G-7과제 또는 특정연구개발과제로 지정하여 대형 CNG차 전소 및 혼소장치 개발(환경부), 천연가스 겸용 연료공급장치 개발(과기처), CNG 고효율엔진 및 승합엔진의 개발(통산부)등의 연구를 진행하고 있다.

#### 4. 국내도입의 필요성

CNG자동차는 차량가격이 다소 비싸거나 연료가격이 상대적으로 유리하여 기존 차량과 시장에서의 경쟁이 가능할 것으로 논의되고 있으며, 정부와 자동차회사, 가스회사, 지방자치단체 등이 보급촉진에 대한 적극적인 정책의지를 가지고 있어 가까운 시일내에 시범

운행 및 일반운행이 예견되는 상황에 있다.

실제 환경부는 1996년부터 CNG자동차의 시범운행을 시행하여 2000년까지 대형차는 증가대수 17.7만대의 19%에 해당하는 3만대, 중소형차는 증가대수 123.5만대의 10%인 12만대를 각각 보급하여 총 오염물질 배출량의 6%인 6만7천톤의 오염물질을 저감하며, 2005년까지는 총 80만대를 보급하여 오염물질 저감에 33%인 357천톤의 오염물질을 저감할 계획을 추진하고 있다.

CNG자동차의 국내도입 필요성은 수송에너지 이용효율의 제고와 수송부문 대기오염물질 배출저감의 양 측면에서 강조될 수 있다.

우리나라 수송부문 에너지수요는 대단히 빠른 속도로 증가하고 있다. 근년에도 연평균 14%대로 타 수요부문과 비교할 때 월등히 높은 증가추이를 지속하고 있다. 이러한 수송부문 에너지수요증가를 억제하기 위한 다양한 정책적 노력이 경주되고 있으나 소득증가로 인한 급격한 차량증가로 인해 이렇다할 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다.

국내 교통여건에서의 면밀한 실증적 분석결과는 아니지만, CNG자동차의 성능은 기존 휘발유자동차에 비해 10% 정도 효율적인 것으로 보고되고 있다. CNG자동차가 폭넓게 실용화될 경우, 사실상 거의 모든 차종의 대체가 가능하다는 점을 감안할 때, CNG자동차의 수송에너지 절약효과는 매우 큰 것으로 해석된다.

물론, CNG자동차가 시장에서 괄목할 만한 에너지

〈표-7〉 국내 수송에너지 증가추이

(단위 : 천TOE)

연 도	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995
에너지수요	6,707	14,173	16,156	18,531	21,119	23,860	27,148
증가율(%)	-	16.1	14.0	14.7	14.0	13.0	13.8
증가배율(배)	1.00	2.11	2.41	2.76	3.15	3.56	4.05

〈주〉 1990년 증가율은 1985년부터의 연평균 증가율임

〈자료〉 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 1995

〈표-8〉 수송부문 대기오염물질 배출추이

(단위 : 톤/년)

	계	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	TSP	CO	HC
1991	1,907,253	200,452	446,121	79,263	1,047,887	133,530
1992	2,132,449	233,200	566,201	100,685	1,087,595	144,768
1993	2,133,917	234,318	644,813	93,941	1,000,440	140,405
1994	2,151,683	275,390	673,718	100,206	961,016	141,353

〈자료〉 환경백서, 환경부, 1996

절약효과를 실현하기까지는 많은 시간과 투자가 요구되는 상황이라는 하나 연료간의 전환을 통해 에너지절약과 수송연료의 다원화를 기대할 수 있다는 것은 보급촉진에 관한 정책적의사결정에 충분한 유인이 될 수 있을 것이다.

수송용에너지 절약효과보다 훨씬 더 매력적인 유인은 CNG자동차의 환경적인 성능이다. 다각적인 감축 노력에 의해 국내 대기오염물질 배출량은 전반적으로 감소하고 있는 추세이나 자동차의 급속한 증가에 의해 수송부문 배출량은 증가하는 추세에 있다. 전체 대기오염물질의 36% 이상이 자동차로부터 배출되고 있으며 특히, 대도시일수록 심하여 서울의 경우 77%의 대기오염물질이 자동차로부터 배출되고 있다.

CNG자동차는 기존 수송용연료와 비교할 때, CH<sub>4</sub>의 배출은 오히려 증가하지만 CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NMVOC 등의 배출은 감소하는 환경적 우수성을 가지고 있다. CNG전용차량의 경우에는 질소산화물의 저감효과도 매우 큰 것으로 보고되고 있어 CNG자동차는 전반적인 수송부문 대기오염물질 배출저감에 현실적으로 큰 기여를 할 수 있는 대안임에 분명하다. 차량의 밀집현상에 의해 날로 악화되는 대도시권의 대기오염 문제를 감안할 때, CNG자동차는 이에 대한 효과적인 대응책으로 부각될 수 있을 것으로 판단된다.

물론, CNG자동차가 당장 국내 에너지수급의 구조적인 어려움을 해결하는데 큰 도움이 된다거나, 국내 에너지환경문제의 해결에 당장 크게 도움이 될 수는

없을 것이다. 다만, 현재의 여건에서 평가할 때, 유망한 대안이고 세계각국의 실용화 사례를 감안할 때, 정책적 실패에 대한 부담이 상대적으로 적은 신기술 대안이므로 합리적인 평가와 적절한 계획을 가지고 점진적인 국내도입을 정책적으로 추진해 볼 필요가 있다는 점이 강조되고 있는 것이다.

경우에 따라서는 생각보다 빠른 시일내에 CNG자동차의 보급확대가 정책적으로 필요해지는 상황변화가 외부적으로 발생할 수도 있다. 석유가격이 급등하거나 환경에 대한 국내외적 규제가 강화되거나 또는 미국 캘리포니아주의 저공해자동차 판매의무화 조치와 같은 자동차산업내의 무역여건 변화 등이 그러한 예가 될 수 있을 것이다. 발생가능한 상황변화에 대비하여 수송부문 연료의 다양성 확보, 수송부문 환경대책, 자동차산업 무역규제에 대한 사전대비를 복합적으로 충족할 수 있는 새로운 대안을 가진다는 것은 국가의 에너지정책에서 매우 의미있는 일이 될 수 있을 것이다.

## 5. 국내도입 촉진을 위한 정책과제

CNG자동차의 국내보급 촉진을 위해서는 선결되어야 하는 정책적인 과제가 적지 않은 상황이다. 자동차 부품보급체계, CNG충전소 확충, 국가적 안전기준 제정 및 관련 법규정의 정비가 바로 그것이다. 5개부처

〈표-9〉 CNG 자동차 보급촉진을 위한 정비대상 관련법령

관 련 법 령	주 요 내 용	관 련 부 처
대기환경보전법	일정비율 이상 CNG차 생산 및 구매 의무화 일정지역과 용도를 CNG차로 지정 CNG자동차 제작차 배출허용 기준	환경부
자동차관리법	자동차의 구조 및 장치변경 관련사항 시험/연구용 목적 차량에 대한 형식승인 면제	건설교통부
고압가스안전관리법	CNG용기검사의 시설 및 기술기준 관련사항 CNG용기의 가스충전시 응향검사 기준	통상사업부
도시계획법	가스공급설비의 구조 및 설치기준 충전소 설치(건축)	건설교통부
소방법	위험물 저장시설 및 관리 충전소와 일반 주유소와의 동시설치 문제	내무부
건축법	용도지역 내에서의 건축허용 기준 건축물의 용도분류	건설교통부
석유사업법	석유판매업의 허가기준 충전소 설치허가 대상	통상사업부
도시가스사업법	도시가스사업(공급시설/사용시설 설치) 시, 도지사 허가문제	통상사업부
산업안전보건법	유해, 위험한 작업, 기계, 기구에 대한 보호조치 위험물의 종류 및 보호조치 대상지정 등	노동부

〈자료〉 환경처

이상의 다수 관계부처가 관련되어 있어 일관적인 추진 주체가 없다는 점도 문제이다. 당장 시범운행을 위한 제도적 기반 형성부터가 시급하다. 시험운행시의 법적 인 허가문제, 시설자금 지원 등과 함께, CNG차량에 대한 일반의 인식제고를 위한 노력도 요구되고 있다. 본격적인 CNG자동차 보급촉진을 위하여 정비해야 할 주요 법령은 다음의 <표-9>와 같다.

정부의 재정적, 기술적, 법제도적 지원체제의 구축도 CNG자동차 보급촉진에 결정적인 영향을 미친다. 특히 세계상의 혜택이나 금융상의 지원제도, 정부의 우선구매제도, CNG차 생산 및 보유의무화 등의 시장지원제도 등은 대단히 중요하다. 우리나라보다 앞서 CNG자동차를 보급해온 각국의 보급촉진 정책은 우리에게 좋은 선행으로 활용될 수 있을 것이다.

우리나라 도로 및 교통여건에서의 실증적 검증을 위

한 정부주도의 시범보급사업추진은 필수적으로 요구된다. 정부가 자동차업계와 가스업계, 운수업계 등과 공동으로 용도별, 지역별, 차종별 시범사업을 추진해야 한다. 정부는 시범사업 시행을 위한 법률적, 행정적 기반을 조성하고 전체 시범프로젝트를 총괄하면서 운영 결과의 경제적, 환경적, 기술적 타당성을 평가하여 그 성과를 공정하게 홍보하는 역할을 수행하고 자동차, 충전소 등의 관련비용은 업계에서 부담하도록 하는 방안이 합리적일 것이다.

CNG차량 도입을 위한 정책추진은 몇가지 측면에 유의할 필요가 있다. 천연가스가 전반적으로는 환경적으로 기존 수송용 연료에 비해 월등히 우수하나 별도의 제어방안을 강구하지 않는 한 메탄의 배출이 증가한다는 점도 우려해야 한다. 메탄은 직접적인 대기오염은 유발하지 않는다 해도 대기중에 11·17년간 체

〈표-10〉 CNG 자동차 보급을 위한 각국의 정책

	주요 정책
미 국	- EPA가 대기오염 방지차원에서 적극 추진 - 에너지성에 의한 연구개발 프로그램 수행 - 대체연료 시내버스 구입시 구입자금의 75% 지원
캐나다	- 자동차 전환, 충전소 건설에 보조금 지원 - 연료의 세제상 우대 - 가스회사로부터의 자금원조 - 연방정부 가스판매세, 내수소비세 면제
이탈리아	- CNG 과세 감면 - 차량세금상 우대 - 공영충전소 설치운영
호주	- R&D자금 50% 국고보조 - 정부지원 대체연료 연구회 설립 - 국영신문을 통한 기술개발업체 광고모집 - CNG차 홍보지원
뉴질랜드	- CNG차로 전환시 보조금 지원 - 충전소 설치비 국고보조 - 전환비용 저리융자 - CNG 가격의 적정수준 유도

〈자료〉 오박균 외, 압축천연가스를 이용한 상용차량 개발에 관한 최종보고서, 통상산업부, 1995. 2

류하며 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)가 이산화탄소의 62배에 달하는 강력한 온실가스로 실제 지구온난화에 20% 정도의 기여도를 가지는 것으로 알려지고 있다. 그러므로 CNG자동차의 메탄배출을 제어하기 위한 기술 및 시설기준의 제정이 선결될 필요가 있다.

아울러 충전소 건설과 관련한 면밀한 검토가 진행되어야 한다. CNG자동차는 1회충전으로 주행할 수 있는 능력이 가솔린 자동차보다 많이 부족하다. 그러므로 사회전체적으로 CNG 차량의 보급을 촉진하기 위해서는 현재의 주유소보다 훨씬 많은 수의 충전소가 필요한지도 모른다. 그러나 이미 개발이 완료된 대도시에 대형 버스나 트럭들이 사용하는 충전소를 얼마나 건설할 수 있을 지가 현실적으로 검토될 필요가

있다. 그러므로 CNG차량의 본격적인 보급추이와 천연가스 공급망의 확충상황을 감안한 중장기 압축천연가스 충전소 건설계획의 수립이 요구된다.

현재는 기술개발을 마치고 이제 막 시장진입을 위한 시범사업을 추진하는 단계에 있으나 언젠가 경제적으로도 기존 가솔린자동차나 경유자동차와 경쟁이 가능하고, 충전소와 같은 인프라가 충분히 구축되어 이용상의 불편요인이 거의 없으며, 타 수송용 연료에 비해 차별적 지원정책이 시행되고, 환경적으로 매우 우수하다는 사실이 입증되어 충분히 홍보된다면 CNG자동차가 우리나라 자동차의 대부분을 대체하는 시대가 도래할 수도 있을 것이다.

현재로서는 압축천연가스의 기존 수송연료 대체규모를 정확히 예측하기 곤란하나 가까운 장래에 수송용 에너지 시장에서 가솔린, 경유 등의 기존 연료와 경쟁하는 유일한 연료가 될 가능성은 매우 높은 것으로 평가된다. ♣

□ 석유용어해설

데드스톡(Dead Stock)

사장품(死藏品)을 말하는 관리상의 용어이다. 데드스톡은 과잉재고의 원인이 되며 상품회전을 저하시켜 상품로스의 발생원인이 된다. 자금면으로는 재고투자 자금의 고정화를 의미하기 때문에 자금효율의 저하를 가져온다. 데드스톡의 반대어는 런닝스톡(Running Stock : 운전재고)이라고 한다. 유류탱크에서는 항시 적출이 안되는 물량이 남아 있어 저장능력의 저하를 가져오는데 이 물량을 Dead Stock이라 한다.