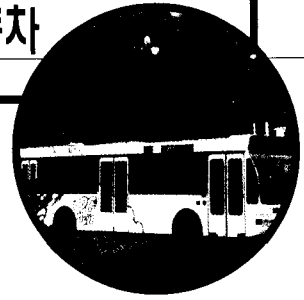


압축천연가스(CNG)버스와 액화석유가스(LPG)자동차

Compressed Natural Gas Bus & Liquefied Petroleum Gas Vehicle



글 / 尹在健

(Yoon, Jae Kun)
가스기술사, 공학박사,
한성대학교 기계시스템공학과 교수.
E-mail: jkymoon@hansung.ac.kr

Using the CNG(compressed natural gas) and LPG(liquefied petroleum gas) as the automotive fuel will be expanded because of their clean effect to the environmental air quality. But these programs of gas using expansion would have a difficulty due to public consideration of gas utilities as a big hazard. The Ministry of Environment has an ambitious plan to substitute more than 25,000 buses with CNG and ensure more than 200 CNG refueling stations as well by the year of 2007. However, it is very difficult to establish new CNG and LPG refueling stations because of expanded safety distance than ever before by several major explosion accidents.

1. 머리말

서울의 대기오염문제는 어제 오늘의 일은 아니지만, 오존주의보가 심심치 않게 발생되고 연무로 인한 시정장애현상이 자주 발생하는 이즈음은 서울의 대기환경을 경고하고 있다. 서울을 비롯한 우리나라 대도시의 주요 대기오염 물질을 살펴보면 SO_x(황산화물)와 TSP(총 부유먼지)는 청정연료 사용의무화 등과 같은 가스연료화 정책을 통하여 꾸준히 개선되어 왔으나 NO_x(질소산화물), O₃(오존), CO, PM10(직경 10 μ m이하의 먼지) 등은 급속한 자동차의 증가로 인하여 악화되고 있다. 2001년 4월 기준으로 서울의 자동차 등록대수는 총 이백사십칠만대를 초과하였고, 환경백서를 보면 서울의 대기오염물질 중 71.6%가 자동차에서 발생하고 있으므로 자동차 급증에 따른 대기환경보전대책이 시급함을 강조하고 있다.

스모그 현상으로 인한 시정장애의 주원인은 입

자상 물질에 의한 빛의 흡수 및 산란 때문이며 입자상 물질 생성기여율은 자동차가 약 50%로 추정되고 있다. 특히 입자상 물질을 많이 배출하는 버스나 트럭 등의 경유사용 자동차가 주범이다. 경유사용 자동차는 총 등록 차량의 거의 30%에 이르고, 특히 버스나 트럭의 경우 대부분 상용으로 운행시간 비율이 개인 승용차에 비하여 월등히 높다.

이러한 연유로 천연가스를 연료로 사용하는 천연가스자동차(Natural Gas Vehicle, NGV)의 개발과 보급이 우리나라에서도 한창 진행 중이다. NGV는 대체연료 자동차의 일환으로 오래 전부터 연구되어 왔으나 석유가격하락으로 경제성이 없어서 주춤하던 차에 청정연료자동차로써 다시금 각광을 받기 시작하고 있다. 특히 기존의 경유 사용 시내버스를 2007년까지 모두 CNG버스로 대체하려는 계획이 환경부의 주도아래 진행되고 있다. 수송용 천연가스의 가격의 인하와 버스구입시의 보조금과 각종 세제혜택 및 충전소 설치비용의 장

기처리용자 등을 통하여 적극적인 보급을 추진하고 있다. 그러나 계획만큼 빨리 보급되지 못하고 있는데 이는 CNG버스의 경제성이 기존 경유사용 버스보다 떨어지고 필수적인 인프라인 압축천연가스 충전소의 확보가 쉽지 않기 때문이다. 특히 압축천연가스 충전소의 경우 일반의 가스설비에 대한 막연한 두려움과 일종의 NIMBY(Not In My Back Yard)현상 때문이다. 대기환경 개선을 위한 사회의 공감대가 형성되어 충분히 필요성이 인식되어도 자신만이 위험이나 경제적 손실을 감수할 수 없다는 일반의 인식은 어찌 보면 당연하다.

같은 청정연료이면서도 액화석유가스(LPG)가 주목을 받지 못하는 것은 대체연료에 대한 관심이 한창이던 '70년대에 LPG는 석유정제과정의 부산물로 취급되어 석유대체연료에 해당하지 않았기 때문이다. 또한 그 당시 이미 가솔린 엔진의 LPG화 기술은 이미 개발 완료되어 새로운 기술과 새로운 대체연료엔진을 갈망하는 사람들로부터 관심을 끌 수 없었다. 그러나 석유계 대체연료자동차가 아닌 대기환경보전을 위한 청정연료자동차로써 LPG자동차도 많은 가능성을 갖고 있다. 싼 LPG 가격 때문에 IMF이후 폭발적으로 증가하던 LPG 승합차는 정부의 점진적인 LPG가격인상정책에 의해 현재 주춤하고 있다. 그러나 대부분의 LPG 차량이 경유사용차량을 대체하기보다는 휘발유사용 승용차를 대체하는 상황이므로 실제적인 대기환경 개선효과는 미미한 편이다. 또한, LPG차량의 증가와 비례하여 LPG충전소 역시 증가하여야 하나 1998년의 부천 충전소 폭발사고 이후 크게 강화된 충전소의 시설기준에 의해 도심지역의 충전소의 신규설치는 거의 불가능하다. 따라서, 기존의 LPG충전소는 폭발적으로 증가한 차량의 충전수요를 충족하기에는 열악하고 위험스러운 상황에서 운용되고 있는 것이 현실이다.

급속한 대기환경의 악화로 인해 21세기는 환경

에 대한 고려가 최우선시 되리라 생각한다. 모든 문제해결방안 제시의 기준이 경제성을 우선하여 환경영향 측면에서 검토될 것이다. 따라서, 대도시의 대기환경개선을 위한 저공해차량의 도입은 필수적이며, 여러 종류의 저공해 차량 중에서 어떠한 차량이 먼저 도입되느냐는 경제성에 좌우될 것이다. 경제성을 조만간에 갖추리라 예견되는 차량은 CNG와 LPG 등을 이용한 가스연료자동차라고 판단된다. 충전소의 확충은 차량의 증가와 함께 자연스럽게 이루어져야 하는데, 외국과 같이 주유소에 가스충전설비를 함께 갖추 수 있도록 관련법령의 개정이 필요하다고 보인다.

2. CNG 자동차

천연가스엔진은 기존의 내연기관의 구조를 크게 변경시키지 않고도 사용이 가능하며, 옥탄가가 130 정도로 높기 때문에 가솔린엔진에 비하여 압축비를 높이고도 노킹이 없이 운전이 가능하며, 열효율과 출력의 향상을 도모할 수 있을 뿐 아니라 연소 한계범위가 넓어 희박연소의 실현이 용이하고 저연비화, 저NOx화가 가능하다. 또한 엔진의 내구성이 향상된다.

압축천연가스는 통상 200기압 이상의 고압용기에 충전, 차량에 탑재하여 사용하므로 고압용기의 경량화가 중요한 문제로 연구되고 있다. 또한 경제성 있는 연료충전시스템의 개발과 천연가스 배관망의 전국적 보급 등이 선행되어야 한다.

현재 전세계적으로 운행중인 천연가스차량은 약 100만대에 달하고 있으며 각 정부의 보급 촉진책에 의하여 크게 증가하고 있다. 초기의 천연가스 차량의 개발은 대체에너지 차원에서 이루어져 왔으나, 최근 들어 미국을 비롯한 구미 선진국에서는 저공해차로서의 위치를 굳히고 개발에 박차를 가하고 있다. CNG자동차의 운행대수가 가

장 많은 나라는 러시아, 이탈리아, 아르헨티나로 이들 국가는 자동차의 휘발유 의존도를 가능한 한 낮추고 연료가격이 비교적 낮은 CNG를 사용하기 위한 자국정책에 의한 것이다. 최근 들어 CNG를 가장 활발하게 추진중인 곳은 북미이다. 승용차, 버스 및 트럭을 합쳐 CNG차량이 2005년에 350만대, 2010년에는 약 470만대에 이를 것으로 예측하고 있으며, 이에 따른 공공충전소 및 자가충전소의 설치가 이루어지고 있다. 캐나다도 이탈리아나 뉴질랜드와 마찬가지로 에너지 국산화를 위하여 이전부터 CNG버스를 공공 교통수단으로 도입했고, CNG충전소의 수도 200개소로 늘렸다. 아시아 각국에서도 공해문제를 해결하기 위하여 CNG차량의 도입을 적극 추진하고 있다.



〈그림 1〉 우리나라의 CNG 시내버스

우리나라의 경우 2000년 이전에는 차종을 구분하지 않고 NGV를 보급하려는 정책을 추진하였으나 2000년 이후에는 경제성이 많이 떨어지는 소형차를 제외하고 특히 대도시의 대기환경개선효과가 확실하다고 판단되는 시내버스(〈그림 1〉 참조)를 택하여 집중적인 지원과 보급을 추진하고 있다. 경제성이나 대기환경 개선 측면에서 바람직한 정책이라고 판단된다. 그러나 2007년까지 2만 5천대의 시내버스를 모두 대체한다는 계획은 외국 어느 나라도 상상하지 못한 조급은 무모해 보이는 계획이다.

2002년 월드컵 개최기간 동안 오존주의보가 발령되지 않도록 지자체와 정부는 엄청난 노력을 하

고 있다. 특히 월드컵이 열리는 6월은 따뜻한 대기와 적은 강수량으로 말미암아 1년 중 가장 많은 오존주의보가 발령되는 시기이다. 이를 위하여 대기오염 물질을 배출하는 자동차의 2부제 운행을 포함하여 인근 화력 및 열병합발전소와 쓰레기소각장의 운전을 중지시키고 VOC 발생 사업장(예를 들면 세탁소)의 조업 중단 등을 통하여 대기환경을 개선하려는 계획을 갖고 있다. 실제 2002년까지 운행될 CNG버스의 대수는 2000대를 넘지 못할 것으로 보여 대기환경 개선효과를 기대하기는 어려우나 항상 이동하고 있는 CNG버스는 우리나라가 얼마나 대기환경개선에 노력하고 있는가를 보여주는 좋은 홍보효과를 거둘 수 있을 것이다.

3. LPG자동차

국내에서 LPG를 자동차의 연료로 처음 사용한 것은 1966년이다. 당시 교통부는 6개월 동안 LPG버스의 시범운행을 실시한 뒤 그 해 6월부터 시내 노선버스에 부탄가스를 사용하였다. 시내버스와 같은 대형버스가 LPG를 이용한 것은 그 당시 버스의 연료가 휘발유였기 때문으로 지금과는 차이가 있다. 1969년에는 LPG버스가 7백대까지 늘었으나 1970년 LPG가격이 급등하고 기존 차량이 노후화 되어 폐차되는 시점에 달하자 LPG 사용버스는 경유엔진버스로 대체되었다.

현재와 같이 택시에 LPG를 연료로 사용한 것은 1972년부터로 LPG가격이 휘발유보다 낮아지면서 영업용 택시들이 LPG를 사용하기 시작하여 1974년에는 약 7천대까지 확대되었고 1996년말에는 23만 여대의 택시가 운행되고 있었다. LPG는 택시 이외에도 취약한 지방재정의 연료비 경감을 위해 지방관용승용차에 대해서도 1983년 사용을 허가한 것을 비롯해 현재는 국가유공상이자, 장애인소유차량과 승합차, 화물자동차에까지 허용

범위를 넓혀 인정하고 있다.

지난 1996년말 LPG자동차로 등록된 차량은 35만 여대로 1992년의 19만 여대와 비교하면 1.8배에 달하는 양이지만 전체등록차량 중에서 차지하는 비중은 3.6%로 거의 동일한 수준이었다. 그러나 IMF 이후 LPG차량은 싼 연료비 때문에 폭발적으로 증가하였다. 주로 승용과 유사한 승합차가 값비싼 휘발유 승용차를 대신하였다. 2001년 3월 기준으로 LPG차량은 126만천여대로 전체 차량에 대한 비중은 10.3%를 넘어서고 있다. 또 이들 차량을 충전하는 LPG자동차충전소는 전국에 7백30여개소가 있는 것으로 집계되고 있다.

LPG자동차는 대부분 기존 휘발유차량의 연료공급계통 등 일부분만을 개조한 것이 대부분이다. 휘발유 승용차의 경우 북미 수출과 보다 강화된 배기가스 환경 규제를 통하여 배기가스의 성분이 획기적으로 개선되었다. 이에 반해 LPG차량은 생산규모의 경제성을 들어 배기가스의 환경규제에서도 휘발유 승용차보다 완화된 기준을 적용받고 있다. 따라서, 대기환경 개선면에서는 LPG차량이 불리하다고 주장하는 사람도 있으나 이는 배기가스의 규제에서의 일종의 혜택의 효과이므로 동일한 기준을 적용 받을 경우 휘발유승용차보다 청정한 배기가스의 배출은 손쉽게 이를 수 있다.



〈그림 2〉 네덜란드의 LPG버스

국외의 경우, LPG는 세계적으로 가장 널리 보급된 대체연료로서 전세계에 걸쳐 약 23,000개소

의 충전소가 있으며 약 410만 1천대의 차량이 연간 9천9백만 톤의 LPG를 소비하고 있다. 각국은 LPG차량의 보급을 촉진하기 위하여 각종 지원책을 시행하고 있으며 특히 주목할 만한 것은 유럽 지역을 중심으로한 LPG버스의 운행사례이다. 대중 교통수단으로부터 발생하는 배출가스는 대도시 대기 환경에 심각한 영향을 끼치고 있다. 이중 특히 문제가 되는 것은 경유차량으로부터 발생하는 매연으로 각국에서는 매연 저감을 위한 노력을 진행하고 있다. LPG는 이에 대한 적절한 대안으로 이미 여러 나라에서 LPG버스를 운행하여 대도시 대기오염 저감에 성과를 거두고 있다.

그러나 우리나라의 수송용 LPG가 주로 부탄으로 이루어진데 반하여 유럽의 수송용 LPG의 주성분은 프로판이다. 〈그림 2〉는 네덜란드에서 개발되어 실용화된 LPG버스의 모습을 보여주고 있다. 출력면에서 우리나라의 시내버스에 탑재되고 있는 경유엔진의 출력에 미치지 못하고 도로 경사를 포함한 운행여건이 우리와 다르고 특히 LPG조성의 차이가 국내의 LPG버스도입을 어렵게 하고 있다.

최근 국내에서 중형 트럭의 연료를 LPG로 대체하는 연구가 성과를 거두었다(〈그림 3〉 참조).



〈그림 3〉 개조된 LPG 화물차

이러한 연구결과를 응용하여 도심을 운행하는 청소차의 개량은 경유를 가스연료로 전환함으로써 대기 환경 개선면에서 좋은 성과를 거둘 수 있다. 또한 유럽의 LPG엔진만을 수입하여 국내에

서 제작한 LPG버스의 시험운행이 이루어지고 있다. 기존의 LPG의 조성과는 달리 프로판 60% 이상 부탄 40% 미만의 조성을 갖는 LPG를 사용해야 한다는 것이 하나의 단점이라고 생각된다.

4. 가스연료자동차의 미래와 발전방향

자동차의 핵심구성요소인 엔진은 휘발유를 사용하는 Otto cycle과 경유를 사용하는 Diesel cycle로 크게 양분할 수 있다. 저마력의 소형차용으로는 Otto cycle이 고마력의 대형차로는 주로 Diesel cycle이 역할을 분담하고 있다. CNG나 LPG의 경우 현재 개발이 완료된 엔진은 대부분 Otto cycle을 채택하고 있고 소형차용으로는 약간의 출력손실이 있으나 압축비의 증대를 비롯한 많은 기술개발로 인하여 거의 모든 문제점을 극복하고 있다. 그러나 Otto cycle을 채택한 엔진의 대출력화는 많은 문제를 안고 있어 Diesel cycle을 채택한 가스연료엔진의 개발이 요구되고 있다.

가스연료자동차의 경우 일반 주행 시나 또는 충돌사고 발생시 대량의 가스누출을 방지하기 위해, 용기압력상승방지 압력방출밸브, 과충전방지장치, 과류차단장치, 긴급차단장치 등 많은 안전장치가 제안되고 설치되어 있다. 이러한 안전장치는 자동차의 연료특성, 운행방식, 용도 등의 모든 특성을 고려하여 안전장치 설치 기술 기준의 작성이 요구된다. 종합적인 안전관리 규정 외에 차량의 특성에 따른 기술기준이 필수적이다.

가스연료자동차가 다른 차량에 비해 화재나 폭발의 위험성이 어느 정도인지를 정량적으로 규명하여야 한다. 차량용 연료로써의 가스연료의 안전성을 생각해보면, 취급압력과 용기내의 충전압력이 고압(200 Bar)인 압축천연가스(Compressed Natural Gas, CNG)가 용기폭발 등과 같은 고압 가스 취급 면에서 LPG보다 위험해 보이고, LPG

의 경우는 공기보다 무거워 누출되었을 경우 잘 확산되지 않아서 혼합가스 폭발의 위험 면에서 CNG보다 불리하다고 생각된다. 또한 충돌후의 연료누설이 가스연료가 액체연료보다 가능성이 적어서 충돌후의 차량의 화재 발생 가능성이 가스연료자동차가 일반 차량에 비해 작다고 생각된다. 그러나 이러한 것들은 모두 사고자료의 정성적인 분석을 통하여야만 확인할 수 있다. 또한 이러한 안전성평가는 차량뿐 아니라 충전설비와 시설에 대해서도 수행되어야 한다. 더욱이 주유소에 가스 충전설비를 함께 설치할 경우의 위험성 증가에 대한 정량적인 평가를 하여 일반의 가스시설에 대한 인식의 변화를 이끌어내야 한다.

결론적으로 도심의 대기환경개선을 위해 청정연료자동차를 보급하기 위해서는 경제성과 안전성이 확보되어야 한다. 중장기적으로 가스연료자동차보급의 경제성과 안전성을 확보하기 위해 많은 평가와 기술개발을 수행하고, 단기적으로는 도심의 대기환경을 개선하기 위한 방안을 강구해야 한다. 예를 들어 노후 시내버스의 대체 및 신규버스는 모두 CNG버스로 의무화하고, 대도시에 등록되는 지프형승용차, 소형승합차 및 화물차의 엔진을 LPG로 의무화하는 것이다. 궁극적으로 대기 오염 유발면에서 획기적인 중대형 경유엔진이 개발될 때까지 대도시의 경유엔진을 모두 청정연료인 가스를 사용하는 엔진으로 대체하자는 것이다.

(원고 접수일 2001. 5. 21)

참고 문헌

1. 환경부, 1999년 환경백서.
2. 정용일, 윤재건 "자동차와 환경", 한성대학교 출판부, 2000.
3. 이완성, LPG 자동차 국내외동향 분석, 가스안전 8월호, 한국가스안전공사, pp.24-29, 1997.
4. 윤재건, LPG자동차의 안정성에 대한 고찰, 자동차공학회지, Vol. 19, No. 2, 한국자동차공학회, pp.10-16, 1997.
5. The World LPG Forum, Automotive LPG, 1995.