

# LPG 기체분사 자동차 기술동향

Technology of LPG Vehicles with Gaseous Injection System



이 대엽 / 인하대학교  
Dae Yeop Lee / Inha University



정태형 / GM대우오토앤테크놀로지  
Taehyung Jeong / GM DAEWOO AUTO & TECHNOLOGY CO.

자동차 배출가스의 지속적인 규제강화와 저감기술의 개발로 말미암아 자동차 한 대당 배출되는 오염물질은 현저히 감소하고 있으나, 자동차 보유대수 및 주행거리의 증가로 인하여 대기오염은 크게 개선되고 있지 않기 때문에, 대기환경 개선을 위하여 저공해자동차의 보급은 매우 중요한 현안이 되고 있다. 저공해자동차의 보급정책으로는 자동차 배출가스의 허용기준 강화에 따른 의무 보급과는 별도로 특정지역에 있어서 특정 자동차에 대하여 기존의 법적 허용기준보다 더 엄격한 기준을 만족시키는 자동차를 보급하도록 하는 것과 함께 휘발유나 경유와 같은 연료 대신에 환경친화적인 연료인 LPG, 천연가스, 알코올 및 바이오디젤과 같은 재활용연료를 사용하는 대체연료 저공해자동차와 하이브리드 전기자동차, 연료전지자동차, 전기자동차와 같은 초저공해 또는 무공해자동차를 보급하는 방안 등이 있다.

LPG 자동차의 엔진 기술은 가솔린 엔진과 동일한 연소방식을 채용하여 삼원촉매를 장착하고 있기 때문에 경유차에 비하여 우수한 저공해화가 가능하여 경유차의 대체 차량으로도 개조 사업이 진행되고 있

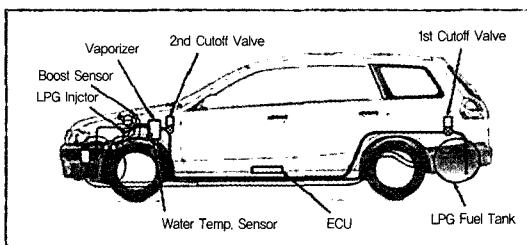
다. LPG 자동차는 국내에서 180만대(2004년말 기준)까지 보급되어 있고, 국내의 LPG 자동차 등록 대수와 자동차용 LPG 연료의 사용량은 세계 1위를 점하고 있다. LPG 연료에 대한 저공해성은 이미 여러 연구를 통해 입증된 상황이며, 2007년까지 LPG 연료가격도 가솔린 대비 50% 수준으로 정해질 예정이어서 연료가격의 경제성도 확보가 가능한 시점이다. 그러나 현재 국내 LPG 자동차의 거의 대부분에 적용된 연료공급방식인 박서방식으로는 KULEV 규제에 대응하는 것이 곤란하게 되어 새로운 기술개발이 시급한 시점이다. 차세대 규제에 대응할 수 있는 연료공급방식 가운데 하나인 다점기체분사방식은 이미 일본 및 유럽에서 채택하여 차량개발을 완료하고 양산을 시작하였고, 배기ガ스도 EURO 4를 만족하는 있고, EURO 5규제에도 대응이 가능한 것으로 예상되고 있다(표 1). LPG 기체분사 시스템의 출력 성능개선 효과는 액체분사 방식과 거의 동등수준이고, 설계원가 저렴 및 내구성 향상 등에 개선점을 갖을 수 있기 때문에 LPG 액체분사방식과 함께 차기 배출가스기준 만족을 위하여 가장 유력한 기술로 고

〈표 1〉

분사방식		일점분사방식 (Single Point Continuous Injection)	다점연속분사 (Multi Point Continuous Injection)	다점정기분사 (Multi Point Sequential Injection)	액체분사 (Multi Point Sequential Injection)
시스템 구성	베이퍼라이저	○	○	○	×
	압력조절기	×	○	×	○
	디스트리뷰터	×	○	×	×
	분사노즐	○	○	×	×
	인젝터	×	×	○	○
	가압펌프	×	×	○	○
성능 비교	배기ガ스	규제강화에 대응곤란	EURO4까지 만족 가능	EURO4 만족 가능	EURO4 ULEV 만족
	출력 (가솔린대비)	낮음	약간 낮음	거의 동등	동등
	분사압력	〈 2기압	+0.6~2 기압	+0.6~2 기압	+5 기압
비고	닛산디젤	Tartarini Landi Renzo Lovato	TeleflexGFI Nikki	Vialle Tartarini Aisan	

려되고 있다. 본고에서는 차세대 LPG 연료공급방식 가운데 하나인 기체분사방식의 기술동향에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

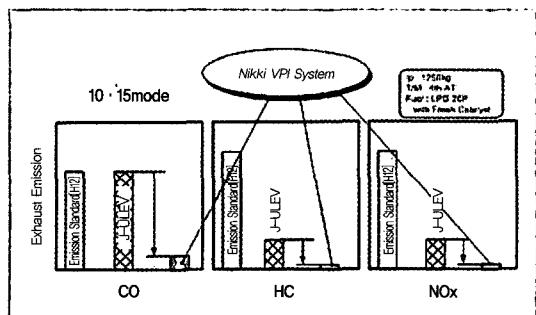
### 일본 Nikki사의 VPI (Vaporized Petroleum Injection) 시스템



〈그림 1〉 Nikki사(일본)의 VPI 시스템 구성요소

일본 Nikki사는 MPI 방식의 LPG 기체분사 시스템을 개발하여 차량(시판예정)에 적용하였다(그림 1). 연료공급 시스템은 고압 베이퍼라이저와 인젝터

로 구성되어 있고, 적용차량(닛산 AD Van)에 배기량 1,497cc 및 압축비 9.9인 4기통 엔진을 탑재하였고, 연료의 분사압은 상대압력 0.3기압을 적용하고 있다. 기존 박서 방식의 LPG 차량과 비교하여 출력이 12% 향상되었고, 연비는 베이스 가솔린 차량과 동등한 성능을 나타내고 있다. 배출가스 특성은 일본 JULEV 규제지(CO 0.67g/km, HC 0.02 g/km, NOx 0.02g/km)와 비교하여 〈그림 2〉와 같이 매우 낮은 수준을 보여주고 있다.



〈그림 2〉 Nikki사(일본)의 VPI 시스템의 배출가스 특성

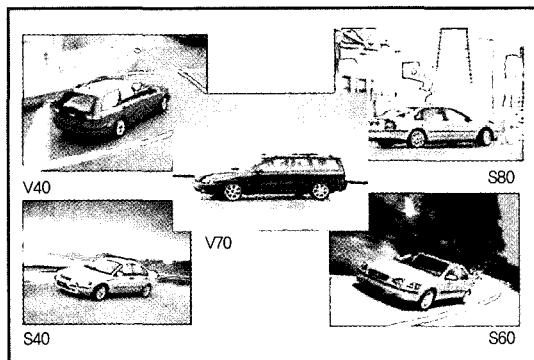


(그림 3) Nikki사의 VPI 시스템이 탑재된 차량의 예(닛산 프리메라)

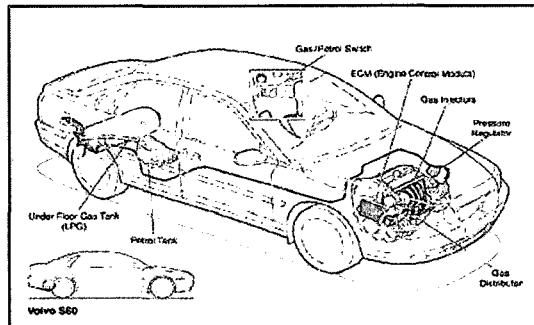
### Volvo사의 기체분사 방식 탑재 차량 (Bi-fuel System)

유럽에서 그동안 보급되어 왔던 Bi-fuel 방식의 LPG 자동차는 소위 OEM 개조로서 제작사에서 구입한 차량을 딜러에서 개조하여 판매하는 방식이 주를 이루었으나 최근에 Volvo사는 모든 승용차종에서 LPG 자동차를 양산 개시하였다. 이들 차량은 LPG를 주연료로 하고 가솔린을 예비연료로 사용하는 Bi-fuel 방식으로 웨곤 V70 에스테드, 스포츠 세단 S60, 대형세단 S80, 소형차 V40 에스테드, S40 세단의 5차종이 생산되고 있다. 연료 공급은 전자제어 기체분사 방식(고압 베이퍼라이저, 디스트리뷰터, 연료 노즐 등으로 구성)을 채용하고 있고, 연료탱크는 차체하부에 설치되어 있다. 이들 차량은 유럽의 LPG 자동차 구조기준인 ECE 67규정을 만족하고 있다. S40의 경우에 연비는 13km/L를 나타내고 있고, 동등 가솔린 차량은 14.7 km/L를 나타내고 있어 LPG 연료가격이 가솔린에 비하여 저렴한 점을 고려하면 매우 경제성이 높음을 알 수 있다. <그림 3, 4, 5>에는 Volvo사의 Bi-fuel LPG 차량의 라인업, 구조, 주요 부분을 각각 나타내었다. <그림 6>에

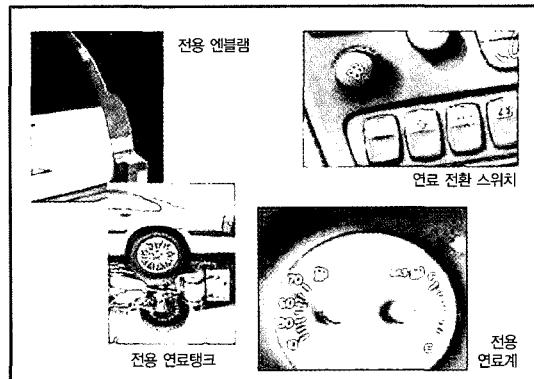
는 LPG와 가솔린 차량의 동력성능을 비교하였고, 각 차량은 거의 동등한 수준을 보여주고 있다.



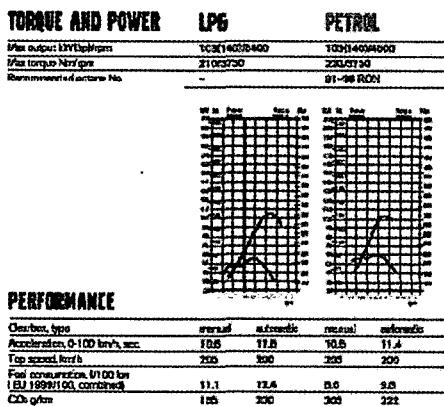
(그림 3) Volvo사의 LPG 기체분사 방식 시스템 탑재 차량의 라인업



(그림 4) Volvo사의 Bi-fuel LPG 기체분사 시스템 탑재 차량의 구조

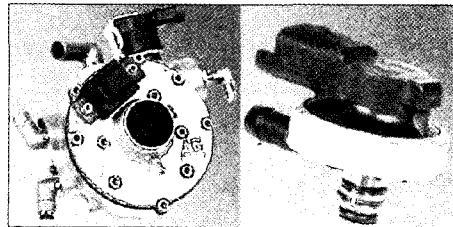


(그림 5) Volvo사의 Bi-fuel LPG 기체분사 시스템 탑재 차량의 주요부분



〈그림 6〉 Volvo사의 Bi-fuel LPG 기체분사 차량의 동력성능 비교

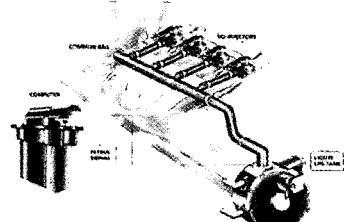
와 같은 주요 부품으로 구성된 SGI 시스템을 탑재한 차량의 경우에 배출가스 특성은 <그림 9>에 나타낸 바와 같이 CO 0.97g/km, HC 0.05g/km, NOx 0.04g/km로서 EURO 4를 충분히 만족시키고 있음을 알 수 있다.



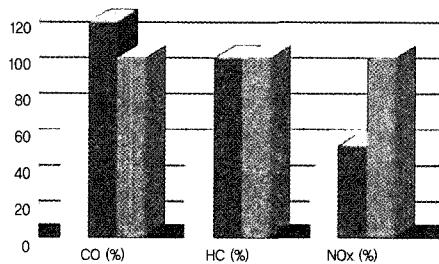
〈그림 8〉 TeleflexGFI사의 시스템에 사용되는 베이퍼라이저와 인젝터

### TeleflexGFI사의 SGI(Sequential Gas Injection) LPG 기체분사 시스템

TeleflexGFI사에서 개발된 SGI 시스템 전자제어 다점기체분사 방식을 적용한 것으로 기체분사용 베이퍼라이저와 인젝터를 사용하고 있다. 베이퍼라이저는 상대압력 0.16~0.7 기압의 압력으로 연료를 공급 가능하고, 인젝터는 2.4g/s의 연료유량을 최소 4ms 기간 동안 분사가 가능하고, 약 3억 사이클에 대하여 내구성이 보장되고 있다(그림 7, 8 참조). 이



〈그림 7〉 TeleflexGFI사의 SGI 시스템 구성



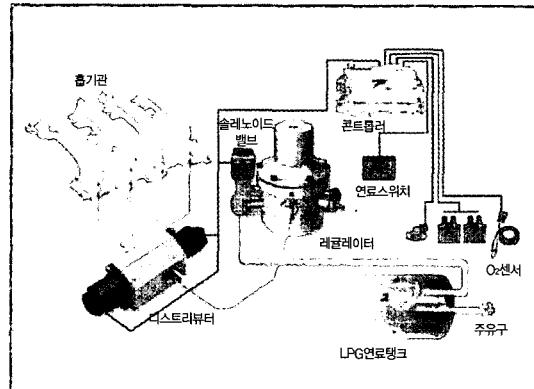
〈그림 9〉 SGI 시스템을 사용한 차량의 배출가스 특성 (EURO 4를 100(우측)으로, 중앙은 기술린의 경우, 좌측은 SGI 방식의 경우)

### Tartarini사의 전자제어 다점기체분사식 (디스트리뷰터 사용) 시스템

이탈리아의 Tartarini사는 ETAGas Injection 시스템이라는 전자제어 다점기체분사(디스트리뷰터 사용)방식의 LPG연료공급시스템을 개발하였다. 인

제터 대신에 기계식 분배기인 디스트리뷰터를 사용하는 방식으로서, 최근에 자동차 엔진에 플라스틱 매니폴드의 사용이 증가함에 따라 개발되었다. 이 시스템은 OEM시장을 목표로 하고 있고, 레귤레이터의 온도가 20°C 이상이 되어야 LPG 모드로 전환된다. 약 3~4만km 주행 후에는 타르 등으로 인한 메인테이너스가 필요하여 Diaphragm 등을 점검할 필요가 있다고 한다. 개조 시에 약 \$500 정도의 차량 가격상승이 예상되고 예상되는 배출가스는 CO 0.6 g/km, HC 0.04g/km, NOx 0.04g/km 등이다. 시스템의 구성도는 <그림 10>에 나타낸 바와 같다.

<표 1>에 나타낸 바와 같이 다점정기기체분사 (Multipoint Sequential Gaseous Injection) LPG 연료공급시스템은 장래 배출가스 규제 강화에 만족이 가능하고, 양산 차량 적용을 위한 내구성 확보가



<그림 10> Tartarini시의 전자제어 다점기체분사식(디스트리뷰터 사용) 시스템

능, 그리고 타 연료공급 시스템의 기술 방식과 비교하여 시스템 구성 가격 면에서 경제성 확보 등의 특징을 갖는 것으로 판단되고 있다.

(이대엽 교수 : dylee@inha.ac.kr)