

자동차용 LPG연료 공급시스템의 안전성

홍익대 트리보메카 에너지기술 연구센터 김 청 균 소장

LPG 자동차 보급현황

국내 LPG 자동차 현황

유종	년도	2010년 9월말 기준		2010년 9월말 신규등록기준		비고
		등록대수	%	등록대수	%	
L P G		2,445,135	13.73	54,173	11.4△(둔화)	LPG가격 과징금, CNG버스 사고
경 유		6,433,348	36.12	148,794	31.3△(보통)	클린디젤 홍보
휘발유		8,829,316	49.57	172,828	57.3△(급증)	유가안정, 신차출시
C N G		28,162	0.16			승용차 포함
하이브리드차	L P G	11,125	0.06			
	휘발유	6,163	0.03			
기 타		58,920	0.33			
합 계		17,812,169		375,795		

국외 LPG 자동차 현황

- 폴란드, 터키, 이탈리아를 포함하여 1,462만대 (2008년말 기준)
- 200만대 이상 LPG 차량 보급국가 : 한국, 폴란드, 터키 등 (2007년도 기준)

- 세계 LPG 자동차 시장의 성장률 : 6~12%/년
- 유럽시장을 제외하면 특히 호주, 인도 등에서 높은 성장률을 지속함

자동차용 연료별 경제성 및 오염물질 배출량 비교

자동차의 연료별 경제성 비교

구 분	휘발유	경 유	LPG	CNG	비 고
연료비(원/L, m³)	1,696.79	1,479.00	937.44	854.63	2010. 10. 13. 전국 평균 요금
상대적 연료비(%)	100	87.16	55.24	50.36	휘발유를 100%로 기준한 환산치
실제연비 (km/L, km/m³)	10.0	12.0	7.0	12.5	2,000cc급 차량의 실제 평균 예상 연비
비용(원/km)	166.7	123.3	133.9	68.4	
연간연료비(원)	6,193,284	4,498,625	4,888,080	2,495,520	
연간주행거리 (km/년)	36,500	36,500	36,500	36,500	

2위

3위

1위

차종에 따른 오염물질 배출량 비교

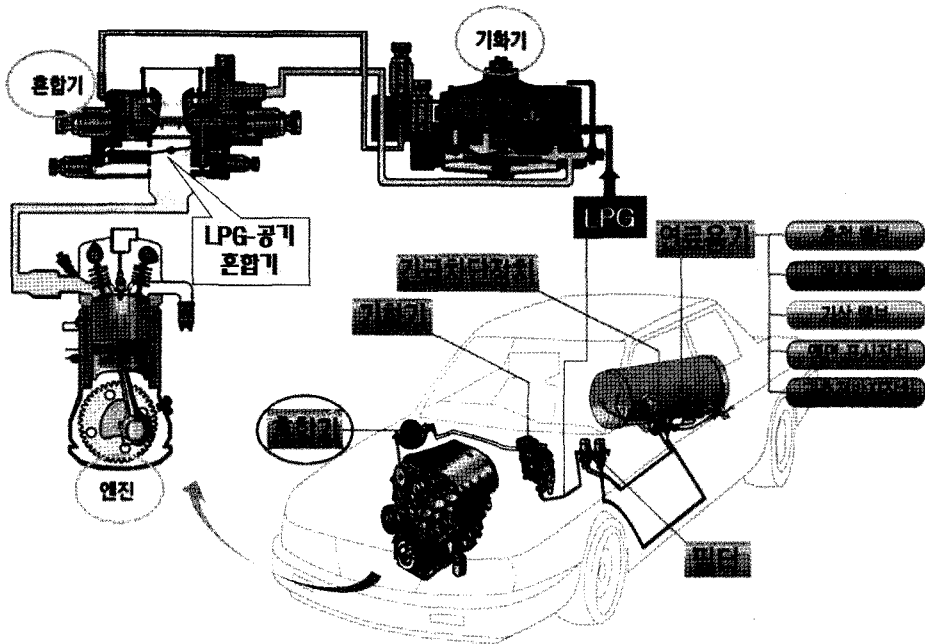
오염물질	LPG 차량	CNG 차량	경유 차량	휘발유 차량	비고
매연(PM)	2	2	100	10	100을 기준으로 비교한 상대치
NOx	25	15	100	20	
CO	45	25	20	100	
HC	45	35	90	100	
CO2	80	80	90	100	

1위

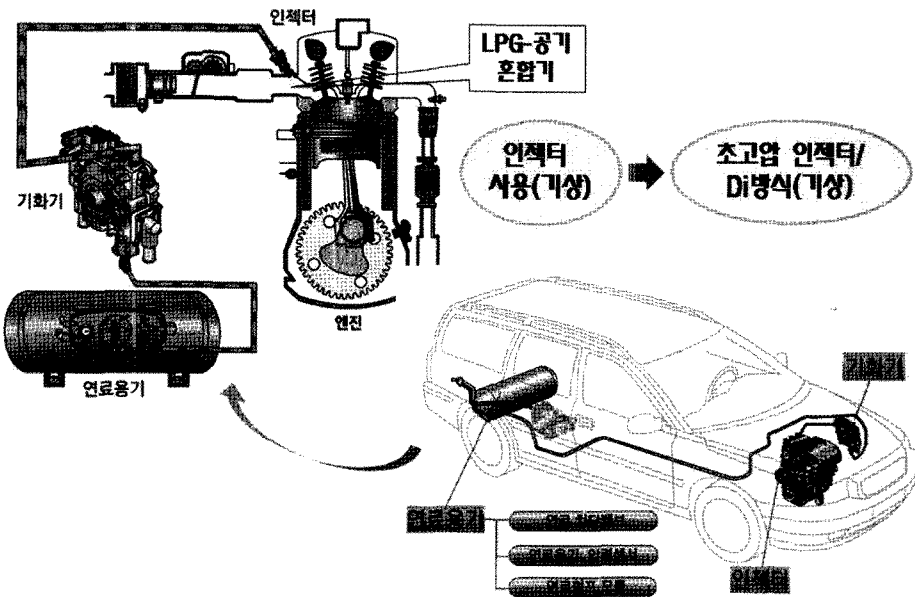
2위

3위

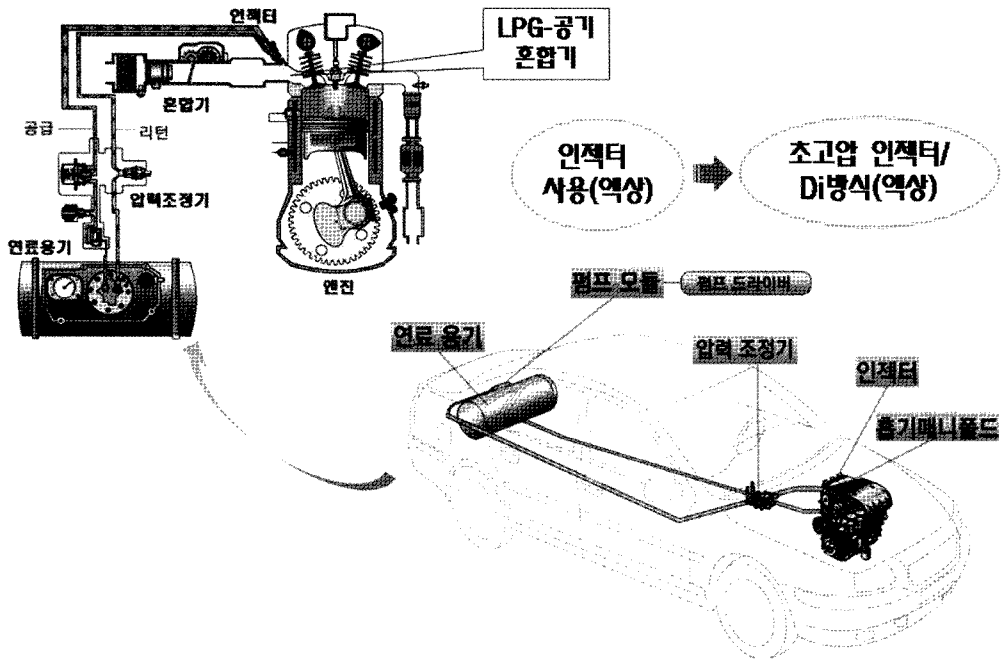
LPG 자동차의 연료공급장치 시스템 FBM 타입



LPG 자동차의 연료공급장치 시스템 LPGi 타입



LPG 자동차의 연료공급장치 시스템 LPI 타입



LPG 자동차의 사고사례 분석 (2003년 이후)

부품결함 및 교통사고에 의한 사고사례

- LPG 연료장치의 부품결함, 연결부 이완현상, 용접부 크랙 등에 의한 가스누출 ⇒ 화재발생 ⇒ 가스폭발로 연결됨.
- 교통사고 발생으로 인해 연결부품 손상, 파열 등으로 가스누출, 화재발생, 가스폭발로 연결됨.
- 가스발생 건수 : 14건(2003년~현재)
- 주요원인 : 취급부주의, 안전관리 의식부족, 운전미숙 등
- 사고장소 : 도로, 차량내부, 주차장, LPG 충전소, 카센터
- 사고형태 : 운전자 화상, 부상, 사망, 차량전소

연결부 조임불량으로 인해 누출된 가스에
라이타 불꽃에 의해 전소된 LPG 차량 (전북 익산시)



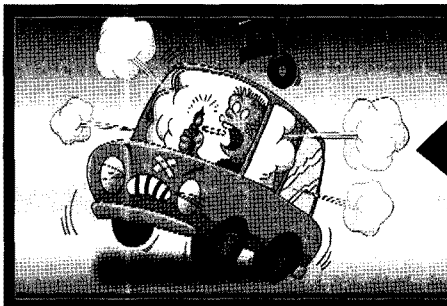
세미나

LPG 안전관리 부재에 따른 사고사례

- LPG 연료장치의 부품교환, 용기점검, 연결부 분리 및 수리 중에 발생하는 가스누출에 의한 화재발생, 가스폭발 등으로 연결됨.
- 불법개조차량, LPG 용기의 임의탈거 및 잔가스 제거 등에 관련된 취급 부주의 및 안전수칙 무시 등으로 가스누출과 화재발생, 가스폭발이 순식간에 진행됨.
- 차량에 탑재한 LPG 용기, 용접기, 주물연소기 등과 연계된 가스누출과 원인미상의 점화원에 의한 화재발생, 가스폭발 등으로 연결됨.
- 가스발생 건수 : 17건(2003년~현재)
- 주요원인 : 무자격자에 의한 LPG 연료계통 수리, 취급부주의, 안전관리 의식부족 등
- 사고장소 : 도로, 차량내부, 주차장, LPG 용기 폐기업소, 차량 정비소, 비닐하우스, 폐차장, 세차장 등
- 사고형태 : 운전자 화상, 부상, 사망, 차량전소

LPG 충전소의 충전과정에서 발생한 사고원인

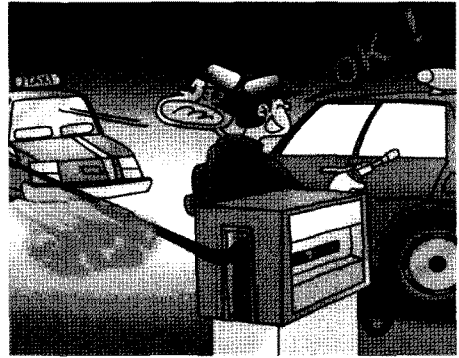
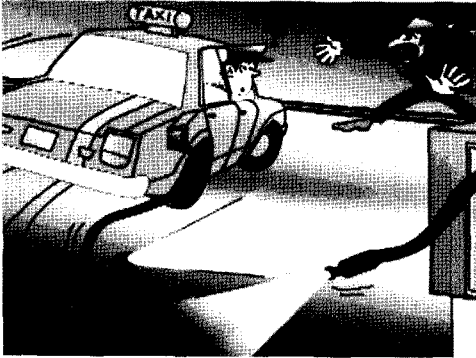
- 충전과정에 담뱃불로 인한 화재 및 가스폭발
- 엔진작동을 정지하지 않은 차량이나 대기중인 차량의 스파크 불꽃에 의해 발생한 화재, 가스폭발
- 운전미숙으로 인한 충전장치와의 충돌, 오발진 등에 의한 충전시설 파손에 따른 가스누출 및 화재발생



주변의 누출가스와
공기는 많음

- LPG 충전구(퀵 커플러)를 완전하게 분리되기 이전에 출발하여 가스누출, 안전커플러의 미분리에 의한 고무호스 파손사고, 안전커플러가 분리되면서 가스누출에 의한 사고가 발생함.
- 충전원의 충전구 탈부착 조작미숙 및 안전수칙 미준수로 인한 가스누출 및 스파크나 담뱃불에 의한 화재 및 폭발사고 발생

- 가스발생 건수 : 15건(2003년~현재)



- 주요원인 : 충전원의 안전관리 부족, 운전자의 운전미숙 및 안전의식 부족
- 사고장소 : LPG 충전소
- 사고형태 : 운전자, 승객, 충전원의 화상, 부상, 사망, 차량전소

LPG 자동차의 주행중에 발생한 가스사고

- LPG 연료장치의 연결부, 연료부품, 안전장치의 밀봉부 등에서 발생한 누출가스가 자동차의 실내공간, 트렁크 등에 체류하였다가 운전자나 탑승자의 담뱃불에 의해 점화되면서 화재가 발생하고, 이어서 가스폭발로 연결된 사고
- 불법차량개조, LPG 용기의 임의 탈부착, 중고부품 사용 등에 의한 가스누출이 많이 발생함.
- 가스발생 건수 : 1건(2008년)
- 주요원인 : 전자밸브 노후화 및 안전점검 미이행, 운전자의 안전관리 의식부족 등
- 사고장소 : 도로 주행중(전남 여수시)
- 사고형태 : 운전자 화상, 차량 유리창 파손

LPG 자동차 관련 가스누출, 화재발생, 가스폭발 건수 : 총47건

LPG 자동차의 사고사례별 분석 데이터

- 차량별 사고건수 : 자가용(77%) > 화물용(15%) > 승합차 > 택시/버스
- 사고발생 원인별 : 가스누출(38%) > 시설미비(23%) > 공급자부주의(12%) > 사용자부주의 > 교통사고
- 지역별 사고비율 : 서울(19%) > 경기/전남(15%) > 전북(12%) > 부산/울산/경북(8%)
- 사고피해 유형별 : 화상, 부상, 차량화재, 충전시설 파손, 사망

LPG 자동차의 안전성 기술확보 및 실증사례

- LPG 자동차용 용기는 법규에 의거 안전설계와 제조를 거쳐 내압시험, 기밀시험, 비파괴시험 등을 만족할 경우에 사용가능
- 용기에는 각종 안전장치(역류방지, 긴급차단, 과충전방지, 과류차단 등), 연료펌프의 릴리프밸브, ECU의 안전제어 기능 등에 의해 용기의 안전성을 확보함.
- LPG 자동차의 노후화에 따른 운행안전 확보책으로 법인택시는 3~4년, 개인택시는 7~9년에 교체함.
- LPG 차량의 추돌/충돌에 의한 용기와 밸브의 안전성 확보를 위해 최후단에서는 30cm, 측단에서는 20cm 이상 떨어뜨리고, 자연 환기구를 설치함.
- LPG 용기의 충전압은 10bar이하, 용기내 가스압은 2~3bar 정도로 CNG 보다는 크게 안전(20~100배)하나, 가스누출에 의한 가스화재와 가스폭발은 위험하므로 가스누출을 차단하는 것이 중요함.
- LPG 자동차의 안전성 논란에서 가장 중요하게 제시되는 실증 데이터는 용기에 의한 가스폭발 사고가 한 건도 없다는 것은 용기자체의 안전성을 입증하는 사례임.
- LPG차량 안전성 확보됨 → 제도적/기술적/실증적

LPG 자동차의 안전성 확보를 위한 HW & SW

LPG 자동차 시스템의 강도안전성 확보

- LPG 자동차의 추돌에 따른 용기의 안전성 강화를 위해 LPG 자동차용 새시구조물을 휘발유 차량과 별도로 설계하는 것이 중요함.
- LPG 차량에 부착된 각종 안전장치를 제거하면 차량운행을 못하게 하는 기술적용
- 용기의 손상방지를 위한 보강구조물 설치, 다중연결 용기의 연결배관 및 안전장치의 설치기준 강화

용기 및 부속품에 의한 개선방향

- 용기에 부착된 각종 안전장치(역류방지, 긴급차단, 과충전방지, 과류차단 등)를 연계한 시스템적 운용기술 적용
- 밸브, 파이프, 커플링 등에 관련된 밀봉부품(오링, 패킹 등)의 가스누출 내구안전성 확보를

위한 품질안전 인증제도 도입

- LPG 용기의 강도안전성 및 누출안전성 확보를 위한 안전설계 강화

LPG 자동차에 관련된 법규 및 제도

- LPG 자동차의 실내 및 트렁크에 체류하는 누출가스를 방출하기 위한 누출가스 자동방출 시스템 적용
- LPG 충전소 사용소재의 무정전기 소재사용 및 안전관리 수칙의무 준수사항 게시용 간판 설치
- LPG 충전 대기차량의 안전거리 확보 및 엔진작동 금지
- LPG 자동차의 밀폐된 지하주차장 사용제한(가스누출 위험차량, LPG 운반차량, LPG 차량의 지하공간 수리차량, 안전장치 제거차량, 불법개조 차량 등)

LPG 자동차 충전원의 안전교육

- 고의적 과충전, 충전원의 충전작업 안전수칙 준수에 의한 가스누출, 조기출발 방지
- LPG 충전소에서 충전과정에 필요한 서행, 안전거리 확보, 엔진작동 금지, 화기엄금, 정지 및 출발신호 엄격적응

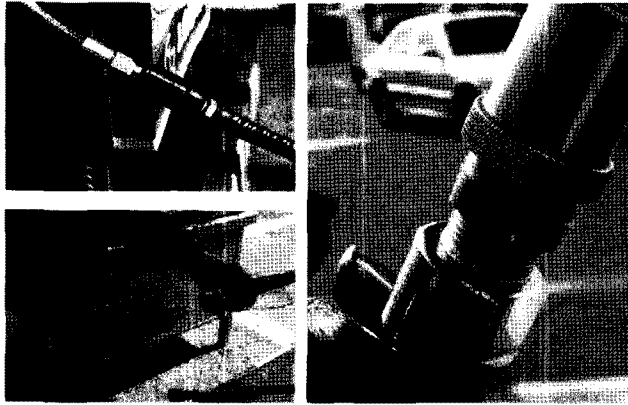
안전관리 검사기관의 개선방향

- 불법개조차량, 중고부품 재사용, 안전장치 제거 및 조작차량 등에 대한 단속강화
- 용기, 부속품 등의 시험평가, 안전검사 등에 대한 지속적인 안전교육, 홍보강화
- LPG 자동차의 신기술개발, 안전편의성에 관련된 법규, 기준 등의 신속한 반영
- LPG 자동차에 관련된 안전기술을 개발하여 업체의 안전비용을 저감하고, LPG의 안정적인 보급확대에 기여

LPG 자동차 운전자 의 안전교육

- 가스차량 안전에 관한 안전교육 정기이수
- LPG 운전자의 충전중 엔진 미정지, 임의개조 금지 등 안전규정 준수
- LPG 충전소에서 충전과정에 필요한 서행, 안전거리 확보, 엔진작동 금지, 화기엄금, 정지 및 출발신호 엄격적응

LPG 충전소의 안전장치 개선방향 - 충전구/안전커플러



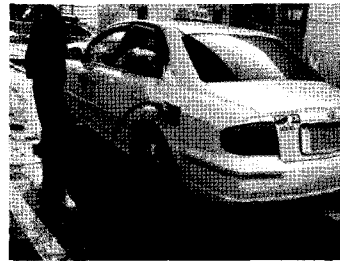
충전소의 안전성 향상 충전구 개발사례 무정전/무누출



LPG 충전구(킥 커플러)



한 손으로 충전구의 핸드그립을 잡아 당기는 순간에 충전구는 자동적으로 탈거됨



LPG 건 충전구 (건 타입 킥 커플러)

LPG 충전소의 안전관리 개선방향

LPG 충전소 설비

- LPG 충전소에 설치된 모든 충전설비, 기구, 안전장치 등의 무정전 소재사용
- LPG 충전구(킥 커플러)에 장착된 볼밸브 레버의 작동성(레버제거 금지)을 확보하고, 안전수칙에 의거 충전작업 수행
- LPG 차량의 추돌이나 충돌에 안전한 무정전 구조물 설치로 LPG 충전시설 보호
- 충전소 진출입 차량이 쉽게 볼 수 있는 위치에 안전관리 수칙 게시용 간판설치
- LPG 충전소에 체류하는 누출가스를 배출하기 위한 송풍시설 설치

LPG 충전소의 안전관리 수칙

- LPG 충전차량에 대한 가스누출 확인, 불법개조 차량에 대한 충전거부
- LPG 차량 탑승자에 의한 인화물질 사용금지, 탑승자의 하차유도
- LPG 차량의 충전완료에 따른 안전한 출발신호 및 교통정리
- 충전 대기차량의 안전거리 확보 및 안전수칙 설명

LPG 자동차의 안전성 기술 확보 및 실증 사례

친환경 LPG 자동차의 보급 확대 및 세제 정책

LPG 자동차의 친환경성

- 2009년 교통안전공단 자동차성능연구소에 의하면, LPG 자동차는 휘발유, 경유차량에 비해 주요 온실가스인 이산화탄소와 아산화질소를 가장 적게 배출함.
- 2010년 환경부에 의하면, LPG 차량의 57.9%가 배출가스 등급이 우수한 1~2등급을 받았고 4~5등급은 하나도 없음. 경유차량은 86.4%가 3~5등급이고 1~2등급은 겨우 13.6%임.

OECD 평균치보다 높은 세금 부담

- 한국석유공사에 의하면, LPG 연료에 대한 세금비중은 35.7%로 OECD 국가들의 평균치 27.3%보다 높아 상대적으로 세부담율이 높음.
- 반면에 경유의 세금비중은 46.7%로 OECD 국가들의 평균치 48.1%보다 낮아 상대적으로 세제혜택을 받고 있음.

LPG 세금비중을 OECD 수준으로 낮추어야 친서민, 친환경 연료임

LPG 차량의 불안전성(위험발생) 요인

LPG 차량의 무리한 운전, 운전미숙, 안전수칙 미준수, 차량사고 등에 의한 가스누출 및 가스화재, 가스폭발은 지속적으로 발생하고 있음.

LPG 연료라인 안전장치, 부속부품 등의 적기점검 및 교체시기 부실로 누출사고 발생 차량의 진동과 추돌 등으로 인해 연결부의 이완과 밀봉기능 저하로 가스누출이 진행되고, LPG 탱

세미나

시의 경우는 5년이 지나면 25~35% 정도의 차량에서 가스누출 발생

불법 LPG 개조차량이나 과충전 방지장치를 제거한 차량에 의한 가스누출 사고

LPG 차량에 대한 가스누출 및 안전성 검사를 담당하는 교통안전공단과 민간업체의 이원화로 엄격한 안전검사가 실시되고 있지 않음.

원활하지 못한 LPG 차량부품의 공급, 높은 부품가격으로 인한 중고부품의 유통

가스누출 → 화재 및 폭발 연결로 인한 LPG 차량에 대한 불안정성 증가 및 차량보급률 저하

결 언

LPG 자동차 연료공급 시스템의 안전성 확보

- LPG 자동차에 설치하는 용기 및 부속품, 안전장치의 밀봉안전 및 강도안전에 적합한 기술 개발과 내구성 향상 기술 확보
- LPG 차량의 용기 및 부속품의 충돌안전을 위해 LPG차량 전용 프레임 설계제작

LPG 충전소 및 용기 취급업체의 안전성 확보

- LPG 충전소의 안전구조물, 안전장치, 충전구, 안전 커플러 등에 무정전 소재사용 및 무가스 누출을 위한 신기술 제품사용
- LPG 충전소 진출입구에 안전관리 지침서를 보면서 안전실천에 참여할 수 있도록 대형 안내간판 설치
- 신기술개발 안전교육 홍보/단속

차량 운전(탑승)자, 충전원, 유지보수자의 안전의식 제고

- LPG 차량 운전, 충전, 보수수리 등에 관련된 사람에 대한 안전교육과 홍보

안전관리 전문기관, 정부기관

- 기술개발/현장상황에 적합하고 저렴한 관리비용의 법규, 안전기술 설정 및 검사, 단속을 통한 안전성 확보가 중요함.