

천연가스 충전시스템 종류 및 외국사례

방 효 선

한국가스공사 영업처 환경영업팀

I. 천연가스 자동차 보급 현황

해외 선진국에서 보급되고 있는 저공해자동차 중에 기술적 측면이나 현실적으로 가장 실용적으로 널리 보급되는 있는 차량은 천연가스 자동차로 (Natural Gas Vehicle : NGV) 전세계적으로 179만대가 보급·운영되고 있으며, 천연가스의 매장량 및 분포, 기술 등을 견주어 볼 때, 여타 대체에너지차량 중에서 가장 상용화되어 있는 차량이며, 지구온난화 및 대도시 공해문제, 석유자원의 고갈 문제를 해결하는 데에 중요한 역할을 하고 있어 세계 각국에서는 각국의 현실에 맞게 도입을 추진하고 있는 실정이다.

표 1. 세계천연가스자동차 및 충전소 보급현황('02.1.1)

국가명	NGV대수	충전소 수	국가명	NGV대수	충전소 수
아르헨티나	721,830	950	이집트	34,754	60
이탈리아	380,000	950	러시아	31,000	205
파키스탄	200,000	200	인도	25,000	6
브라질	120,000	131	캐나다	20,505	222
미국	102,430	1,250	뉴질랜드	12,000	100
베네주엘라	40,962	170	콜롬비아	12,000	28
중국	36,000	70	일본	10,659	152
			총합	1,791,570	4,537

※자료출처 : IANGV자료(WWW.IANGV.ORG)

우리나라에서도 대형 경유차가 자동차 오염물질 총 배출량의 40%이상을 배출하고 있어 이에 대한 대체방안으로 천연가스버스의 보급을 대책사업으로 추진하였으나, 천연가스 고정식 충전소 설치에 따른 충전소 부지 문제, 관련법령 미비, 인프라 미구축 등으로 천연가스버스 보급이 부진하여, 중국에서 채택한 이동식 충전방식을 국내에 시범사업으로 운영하여 '01. 12월 744대의 천연가스버스를 '02. 8월말 현재 2,208대로 보급추진하는데에 크게 기여를 하였으나 운송과정 추가로 인한 경제성이 취약한 단점이 있다. 따라서 여기서는 천연가스자동차 보급의 가장 시급하고 원초적인 문제인 충전소 충전시스템에 대한 종류를 소개·비교코자 한다.

II. 충전시스템 소개

1. 고정식 CNG 충전방식

도시가스권역내 배관으로 공급되는 천연가스(NG)를 압축(250kg/cm²)·저장하여 천연가스차량에 충전하는 충전소로, 충전소 인입압력에 따라 압축기 단수가 다르며 보통 2~5kg/cm²인입 압력시 4단압축으로 운영하며, 시스템의 주요구성은 천연가스압축기와 압축가스저장용기, 디스펜서 등으로 나눌 수 있으며 도시가스배관망이 형성된 지역에 한하여 설치 운영할 수 있는 방식이다.

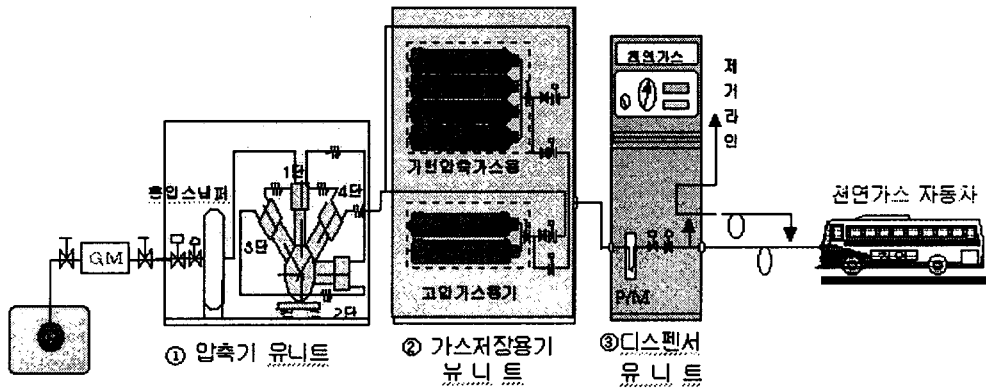


그림 1. 고정식 CNG 충전방식

2. 이동식 CNG 충전방식

고정식 충전소 설치가 곤란한 차고지에 CNG를 공급하기 위하여 운영되고 있는 이동충전방식으로, 도시가스사 고정충전소나 가스공사 Mother Station에서 천연가스 이동충전차량(CNG Trailer)에 충전(200bar)후 개별 차고지에서 자연차압방식을 이용하여 CNG 자동차에 공급하는 방식이다.

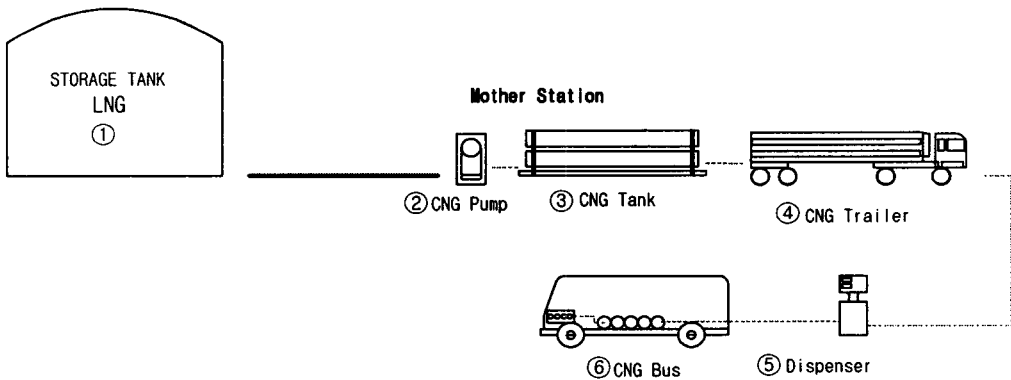


그림 2. 이동식 CNG 충전방식

3. 고정식 LCNG 충전방식

LNG 기지로부터 LNG trailer를 이용하여 LNG를 차고지의 LNG 탱크(Satellite station)에 운송하고, LNG 고압펌프를 사용하여 LNG를 펌핑 및 기화하여 CNG 가스로 변환하여 CNG 자동차에 공급하며, 기존의 CNG충전소에 비해 제조·유지·보수 비용이 적게 드는 장점이 있는 공급방식이다.

현재 미국, 캐나다에서 상업운영중이며, 우리공사 연구개발원 에서 LCNG충전시스템을 연구·개발하여 운영중(40대/일)에 있으며, 향후 LNG 저압 PUMP설치 등 설비 보완시 LNG 충전소의 역할을 동시에 수행할 수 있어 천연가스자동차 인프라 구축에 장점이 있음.

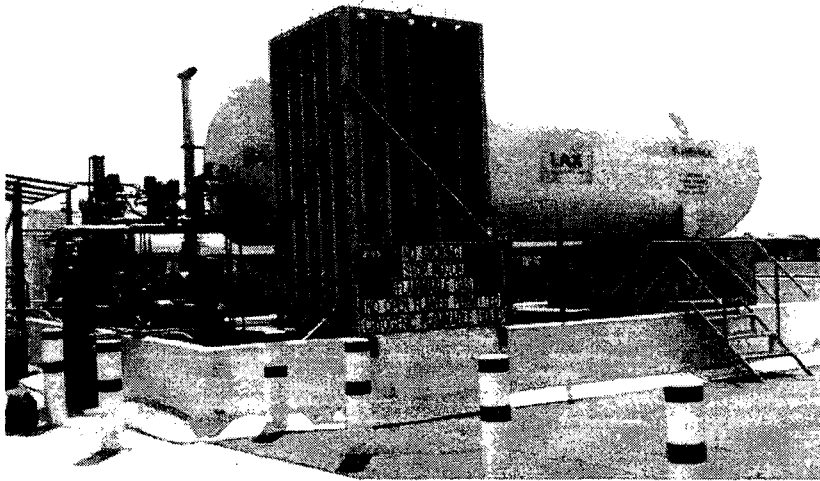


사진 1. LA 국제공항 내 LCNG 충전소 전경

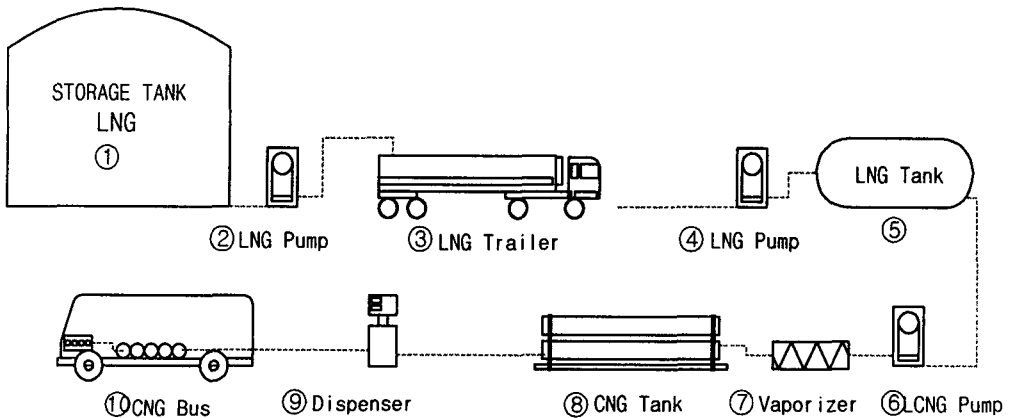


그림 3. 고정식 LCNG 충전방식

4. 고정식 LNG 충전방식

LNG 기지로부터 LNG trailer로서 LNG를 차고지의 LNG 탱크에 운송하고, LNG 펌프를 사용하여 LNG 자동차에 공급하는 방식으로 LNG 자동차는 초저온 LNG 연료용기에 연료를 저장하여 사용하며, 엔진으로부터 공급되는 고온의 엔진냉각수를 열원으로 vaporizer(열교환기)에서 천연가스로 변환하여 엔진에 공급되며, 현재 전세계에서 LNG 자동차가 가장 많이 운영되는 나라는 미국으로 LNG연료공급의 핵심기술도 보유하고 있음.

표 2. 미국내 연도별 LNG, CNG 자동차 증가

구 분	'97	'99	'01	연평균 증가율
LNG 자동차	813	1,681	2,039	37.69 %
CNG 자동차	68,571	89,556	109,730	15.00 %

※ 자료출처 : 미국 대체연료 통계센터(2002)

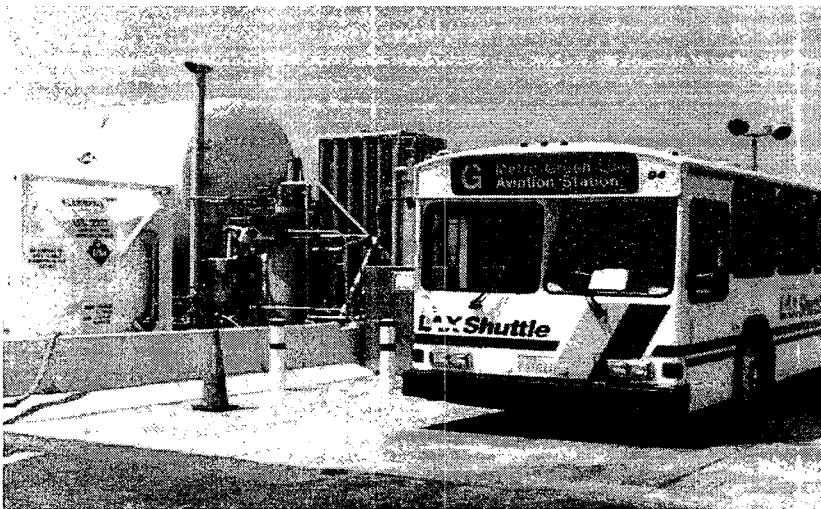


사진2. LA 국제공항 LNG셔틀버스 LNG 충전 모습

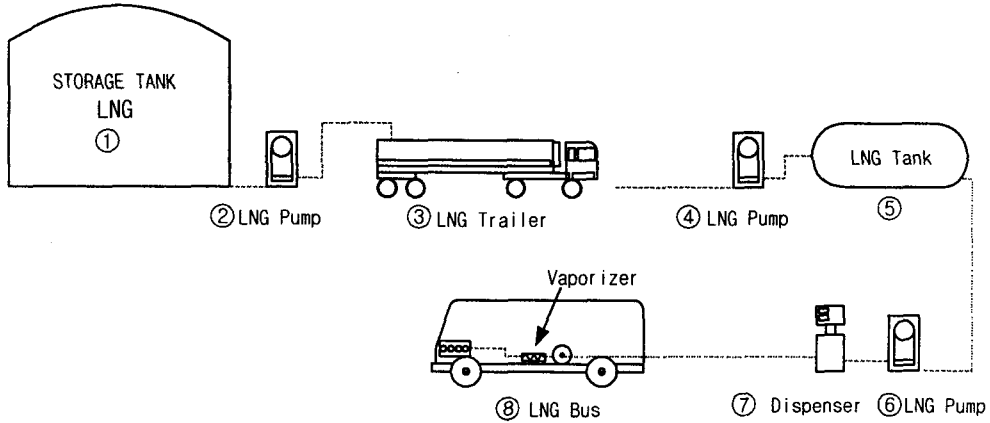


그림 4. 고정식 LNG 충전방식

III. 천연가스 충전시스템별 장·단점

이동식 CNG충전시스템은 현재의 고정식 충전방식에서 이동 트레일러와 차고지 디스펜스가 추가되어 운영비용이 증가하여 효율면에서 불리한 점이 많으며, 고정식 충전소 설치 기피지역이나 경제성이 부족한 지역에 한하여 초기보급 촉진차원에서 또는 비상 및 응급연료 공급방식으로의 운영이 요구된다.

LCNG 이동충전소는 LNG 기지로부터 차고지까지 배관대신 이동트레일러로서 LNG를 직접 운송하며 이 LNG를 LNG 고압펌프와 기화기를 사용하여 고압CNG로 변환하여 CNG 천연가스자동차에 공급함으로써 타 충전시스템에 비하여 압축기 가동 에너지 절약 및 시스템의 간이화로 운영비용 절감이 예상되며, 차고지 내에 LNG 저장탱크와 CNG 저장탱크가 필요하기 때문에 일반적인 고정식 충전소 설치조건과 비슷하나 배관망 미구축 지역에 설치할 수 있는 장점이 있다.

LNG 이동충전소는 LNG 기지로부터 차고지까지 이동운반차량으로 LNG를 운송하며 차고지 내의 LNG저장탱크에 저장하며, 필요시 LNG 펌프로서 LNG자동차에 LNG 연료를 직접 공급함으로써 설비 간소화로 시설비 및 운영비에 있어 장점이 있다. 또한 LNG 자동차는 CNG 자동차와 유사구조로 LNG를 가스상태로 기화하여 사용하기 때문에 CNG용 엔진을 그대로 사용하며, 단지 vaporizer 및 초저온 용기가 추가·대체되며, 연소 방식은 LNG 전용엔진과 디젤차량을 개조한 Dual-Fuel 방식이 있으며, 국내 LNG자동차의 보급 및 개발이 전무한 실정임으로 자동차의 개발이 필요하다.

표 3. 천연가스 충전시스템의 특징

시스템	연료운송	Satellite Station	차량 연료공급	차량
고정식 CNG충전소	배관망 이용		Dispenser	CNG 연료 고압용기
이동식 CNG충전소	CNG Trailer/Trolley		Dispenser + CNG Trailer	CNG 연료 고압용기
고정식 LCNG 충전소	LNG Trailer/Trolley	LNG Satellite /Container	LNG pump + Vaporizer + CNG Tank + Dispenser	CNG 연료 고압용기
고정식 LNG충전소	LNG Trailer/Trolley	LNG Satellite /Container	LNG pump + Dispenser	LNG연료 초저온용기 vaporizer

※ 천연가스 충전시스템 구성비교

표 4. 천연가스 충전시스템의 경제성 비교

구 분	고정식 CNG충전소	이동식 CNG충전소	고정식 LCNG충전소	고정식 LNG충전소
투자비	1.00	1.86	1.10	0.83
경제성	1.00	—	1.61	3.01

※ 고정식CNG 충전소 기준으로 상대비교

IV. 최적 충전시스템 구축

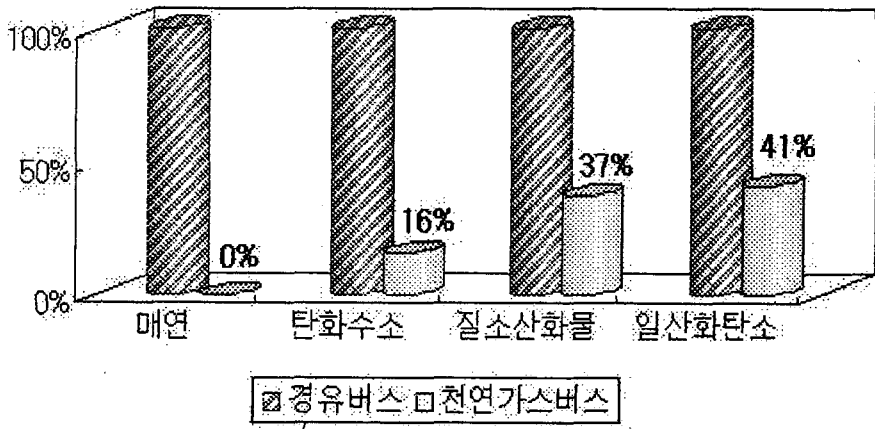
천연가스 자동차의 보급확대에 가장 중요한 인프라 구축 측면에서의 충전시스템은 천연가스 배관망이 구축되어 있는 곳은 고정식 CNG 및 LCNG 충전소를, 배관망이 구축되어 있지 않은 곳은 LNG 및 LCNG 충전소를 구축하여 보급 확대하여야 하며 LNG 충전소 보급이 되기 위해서는 LNG자동차의 개발이 요구된다. 따라서 도시가스 배관망에 한정된 고정식 CNG충전소에 의한 천연가스자동차 보급제한을 해결하기 위한 방안으로 결국은 선진국에서 이미 검증되어 저렴한 천연가스 수송용 연료공급이 가능한 LCNG 및 LNG충전방식을 검토하여 최적의 충전시스템을 구축하여야 한다.

천연가스 충전시스템 종류 및 외국사례

● 한국가스공사 영업처
환경영업팀

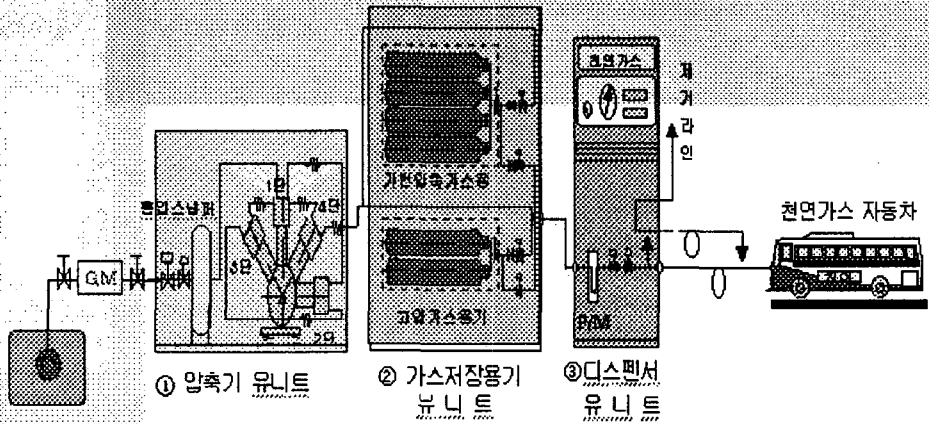
1. 천연가스자동차(Natural Gas Vehicle)

● NGV 유해물질 저감효과



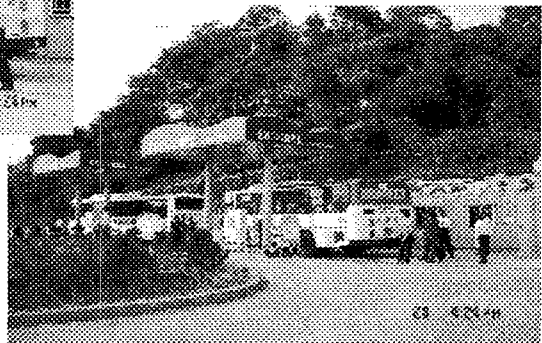
2. 천연가스 충전시스템

● 고정식 CNG 충전방식

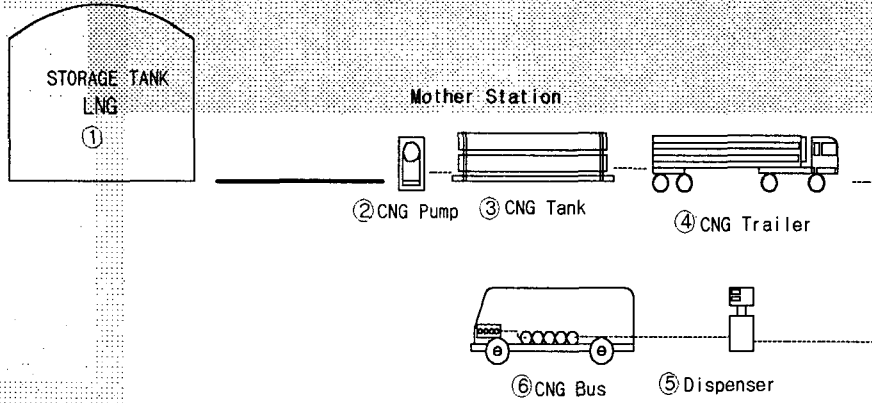


지하매설 NG 파이프 라인/압축천연가스 탱크 → 압축 가압 (에너지 밀도 상승)
→ 고압 저장용기저장 → 디스펜서 (NGV 연료탱크 충전)

● 고정식 CNG 충전소

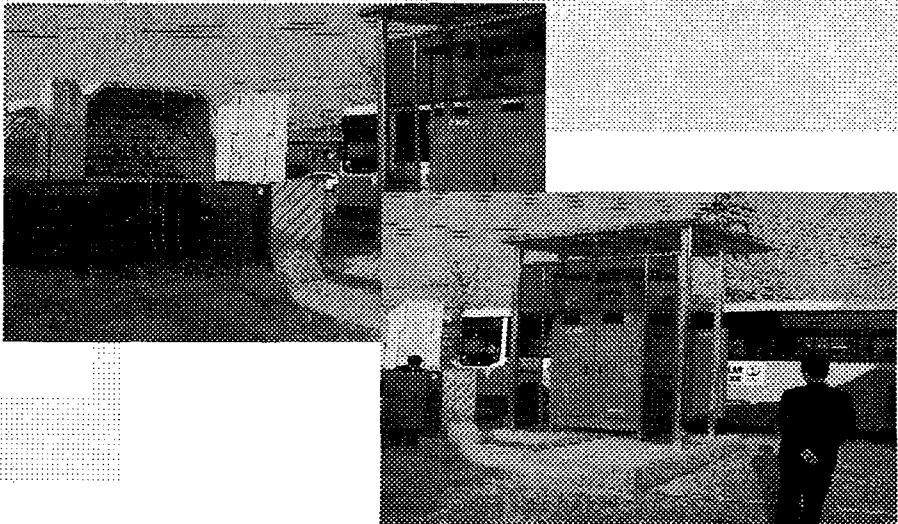


● 이동식 CNG 충전방식

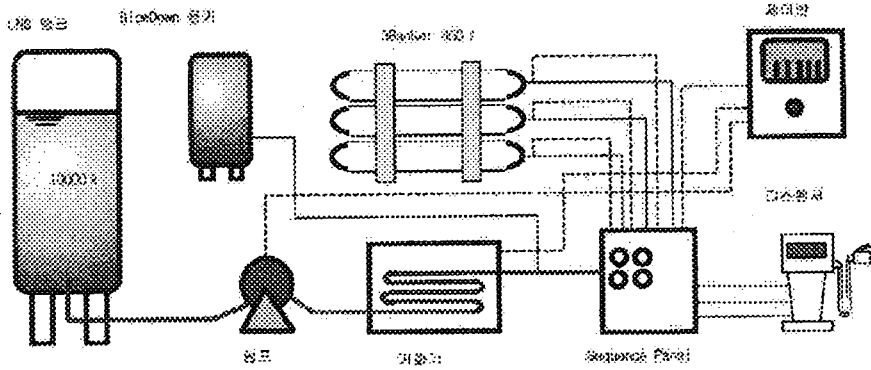


지하매설 NG 파이프 라인 → Mother Station 압축 가압 (고압저장용기 저장)
 → CNG Trailer 고압가스 운송 → Daughter Station (NGV 연료 충전)

● 이동식 CNG 충전소

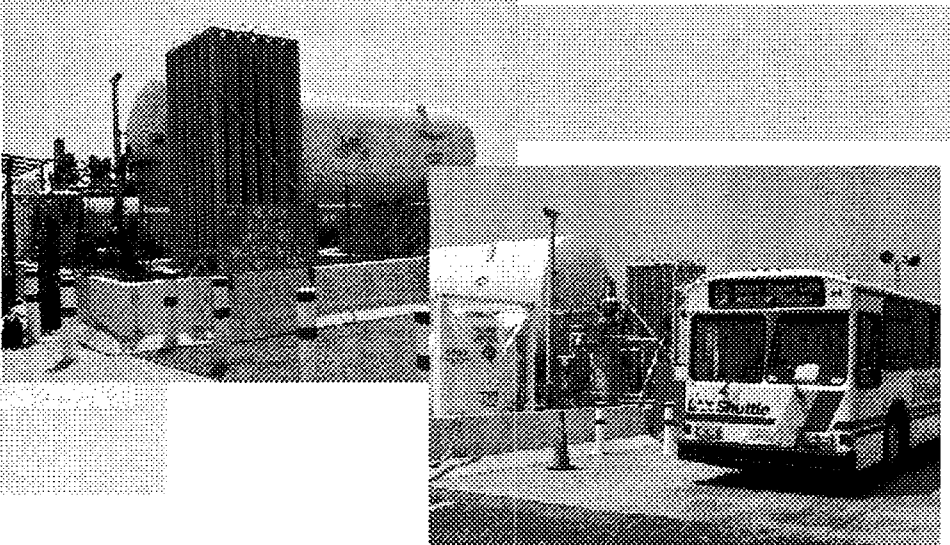


● 고정식 LCNG 충전시스템

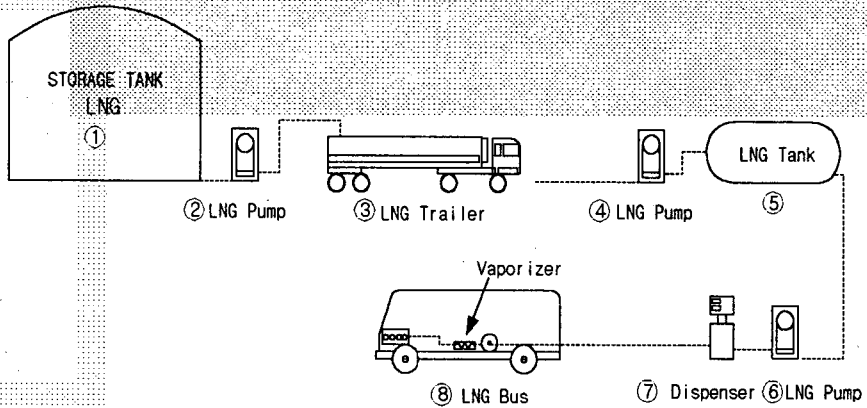


저온/저압 액체천연가스(LNG) → 액체펌프로 가압 → 기화(상온/고압30MPa가스)
→디스펜서(NGV 탑재 연료탱크 충전)

● LA공항 LCNG 충전소 및 LNG공항버스

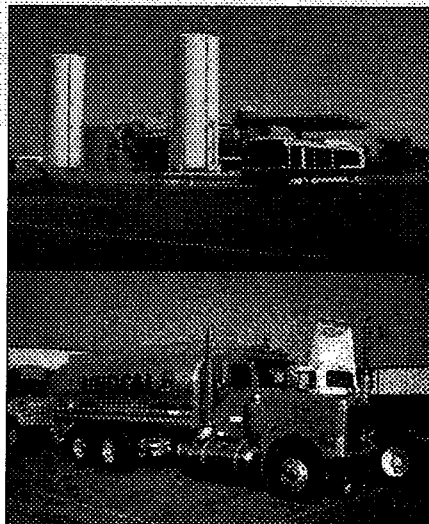
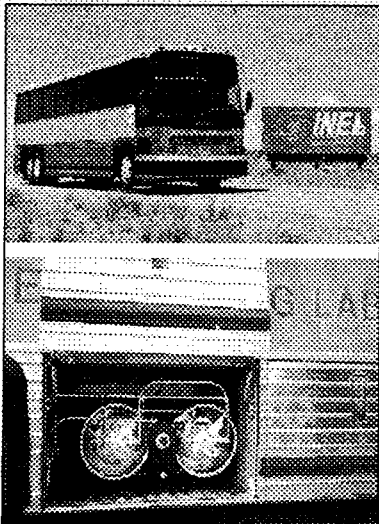


● 고정식 LNG 충전방식



LNG 저장탱크 → LNG Trailer(LNG 운송) → 소형 LNG Tank(초저온용기 저장)
 → LNG Pump → LNG Dispenser 계량 → LNG 자동차 연료주입 (LNG 연료 충전)

● LNG 충전소 및 자동차



3. 천연가스 충전방식 비교

● 천연가스 충전방식 특징

충전방식	연료운송	연료저장설비	공급연료	공급대상
고정식 CNG 충전소	배관망	CNG 고압 용기	CNG	배관 설치지역 CNG차량
이동식 CNG 충전소	CNG 트레일러	CNG 고압 용기	CNG	배관 미설치지역 CNG차량
고정식 LCNG 충전소	LNG 탱크로리	CNG 고압 용기 LNG 초저온 용기	CNG LNG	배관 설치 및 미설치 지역 CNG 및 LNG차량
고정식 LNG 충전소	LNG 탱크로리	LNG 초저온 용기	LNG	배관 설치 및 미설치 지역 LNG차량

● 충전방식 경제성 및 전제조건

구분	고정식 CNG 충전소	이동식 CNG 충전소	고정식 LCNG 충전소	고정식 LNG 충전소
투자비	100	186	110	83
경제성	100	회수불가	161	301
배관투자	투자비 발생	없음	없음	없음
전제조건	배관 설치 및 CNG버스	CNG트레일러 및 CNG버스	LNG 공급 및 CNG,LNG 버스	LNG자동차 및 초저온 연료용기 개발
보급현황	도시가스사 운영중	KOGAS운영중	현재 보급 가능	차량개발 필요

● CNG 및 LNG 장단점

• CNG(Compressed Natural Gas) 차량의 단점

- 단위체적당 에너지 저장 밀도가 가솔린, 경유 대비 1/3 ~ 1/4에 불과
- 다수의 연료 용기 탑재로 인한 차량 중량 증가
- 1회 충전당 주행거리 감소
- 노선버스, 쓰레기 청소차, 영업용 밴 등 도시내 순환 차량으로 그 용도가 제한됨

• LNG(Liquefied Natural Gas) 장점

- 에너지 저장밀도가 높음 : CNG 대비 약 3배
 - 연료 저장 소요공간이 1/3로 감소
 - 연료용기의 체적과 중량 저감이 가능

• LNG의 단점

- 천연가스의 액화 온도 : -162℃, 초단열 용기 필요
- Boil Off Gas 발생 : Weathering 현상 발생

● 미국내 연도별 LNG, CNG 자동차 증가

구분	'97	'99	'01	연평균 증가율
LNG 자동차	813	1,681	2,039	37.69%
CNG 자동차	68,571	89,556	109,730	15.00%

자료출처 : 미국 대체연료 통계센터(2002)

4. 국내 NGV 보급 문제점

- 충전소 Infra 부족
 - 고정식 CNG충전소 경제성 확보 미비로 도시가스사 CNG충전소 투자 기피
 - 이동충전차량 충전방식 도입
- 경제성 확보
 - 이동충전차량 효율이 최대 50%
 - 차량가격 고가
 - 연료비 보조 필요
- 충전소 입지 관련 법규 및 기타
 - 학교보건법 등
 - 군부대 반대

5. 충전방식 현장적용 및 향후계획

- 지역특성에 맞는 충전시스템 도입
 - 배관 설치지역 : CNG 및 LCNG충전소,
 - 배관 미설치지역 : LCNG 및 LNG 충전소
 - 비상 및 응급용 : 이동충전시스템
- 신규 NGV 차종 개발 및 시범운영 실시
 - LNG 자동차 및 충전소 개발
- 지속적인 연구, 개발을 통한 기술육성 및 국산화
 - 부품, 시스템