

LPG & CNG

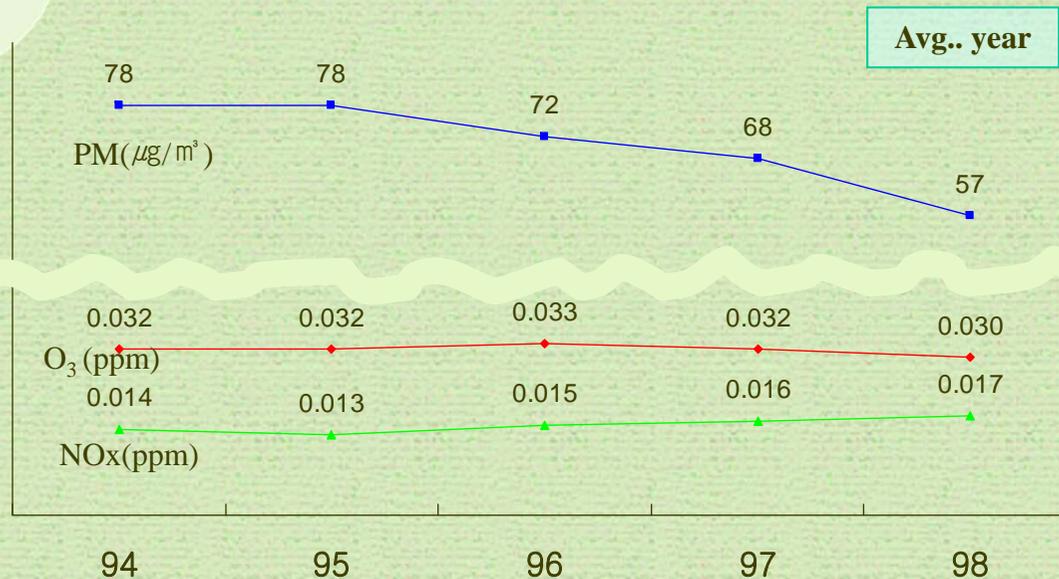
한성대학교 안전과학기술연구소
윤재건

목 차

1. CNG Bus vs. LPG Bus

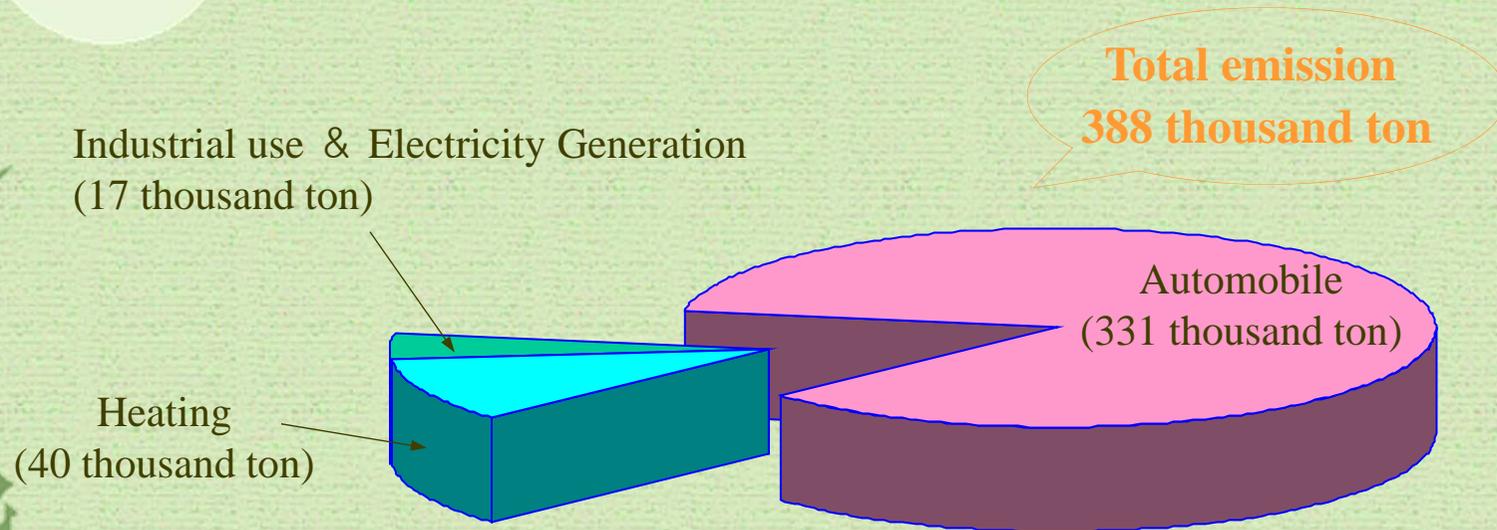
2. 부천 LPG충전소 사고

Current Status of Air Pollution(Seoul)



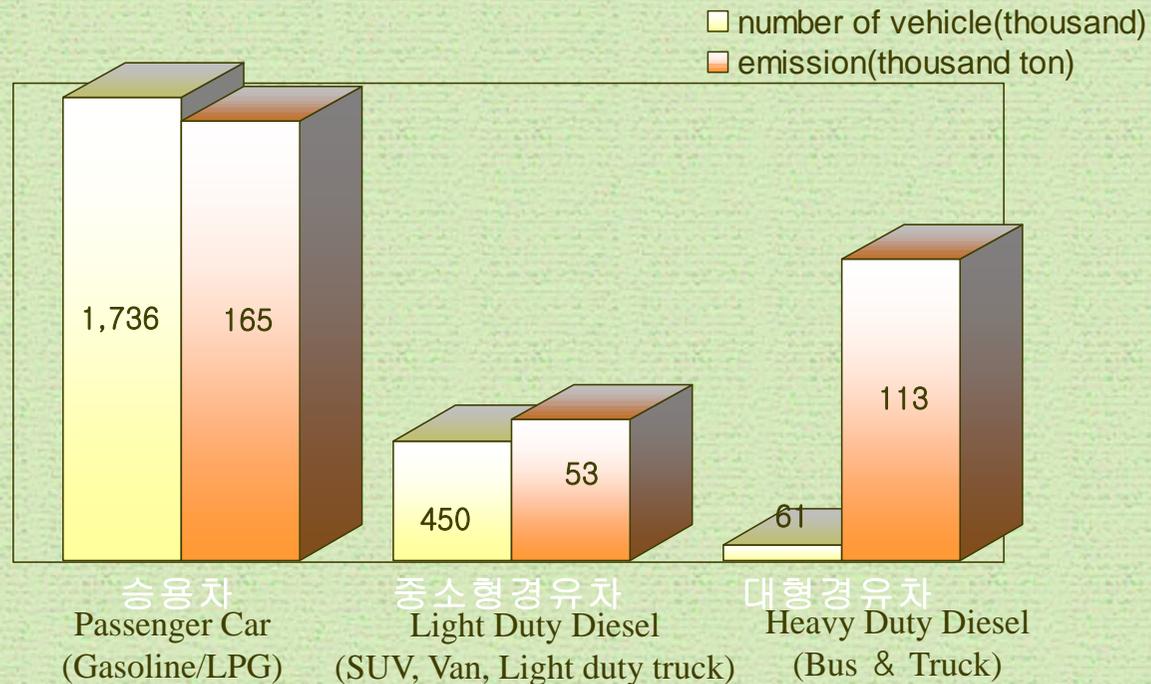
- Urban Smog become a major concern due to the increased emission O₃ precursor and PM
- Eight Cities including Seoul exceed the Ozone ambient air quality standard

Estimated shares of air pollution sources (Seoul, 1997)



- Major source of air pollution in metropolitan area is motor vehicles(Seoul, 85.3%)
- For seven major cities, motor vehicles are responsible for 64.3% of total emission

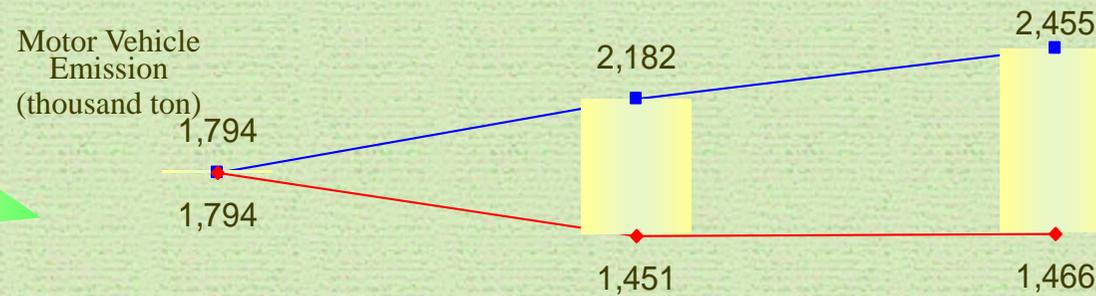
Motor Vehicles Mix and Current status of pollutant emission(Seoul, 1997)



- Heavy duty diesel including city buses are responsible for 34% of total Motor pollutant emission

Air Quality Improvement Goal for Major Cities

Motor Vehicle Emission Reduction Goal



Air quality improvement



- 22% reduction of air pollutants emission by year 2002
- Enhancement of air quality to provide pleasant environment for World Cup 2002

Counter Measures for urban motor vehicle pollution

Introduction of clean fuel vehicles

Replace diesel city buses with CNG

Replace van and Light duty truck with LPG/Gasoline fueled vehicles

Fleet operation of hybrid electrical vehicles (plan to use a World Cup official vehicle)

Low emission diesel production

Applying diesel emission standards equivalent to US or EU's

Engine improvement and/or emission control devices are required to install

Strengthening in-use vehicle program

Shorten periodic emission testing interval and adopt advanced in-service test method

Strengthening gasoline and diesel fuel standards

CNG City Bus Promotion Goal

Replaced old City-Buses within World Cup 2002 hosting cities

8 World Cup host cities with air quality problem
(Seoul, 6 Major city and Suwon city)

By 2002, introduce 5,000 CNG buses. By 2007 replaced total city bus fleet with CNG(Total number of city Buses : 20,000)

Priority Replacement City Buses vehicles with high emission and
vehicles operated within refuelling station service range

Test Running of CNG City Bus

Current status of test running('98 ~ present)

Seoul Vicinity Area : Incheon City - 2 City Buses

Ansan City - 1 City Bus, 1 Commuter Bus

Seoul : 15 City Buses, 3 refuelling stations will be in service in 1999

Result of Test Running (Environmental Aspect : Emission/Noise)

No visible emission and No mal-odor comparing to current Diesel buses

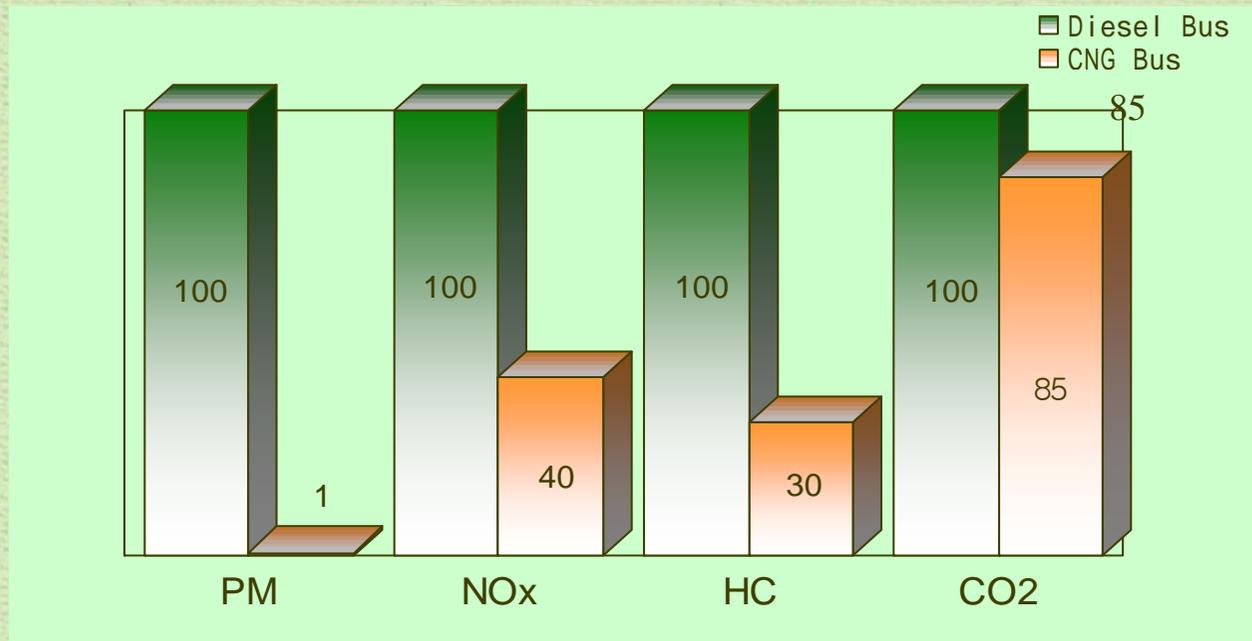
NO_x & HC are reduced by 60~70%

Less pass-by Noise by 2dB

인천광역시 삼환교통(주)에서 '98.7월부터
운행 중인 천연가스 시내버스



Results of CNG City-Bus Running



- No visible smoke and sharp Ozone precursor emission reduction
- Viable CO₂ reduction option

Problems for CNG Bus promotion

Vehicle price is higher than diesel-powered vehicle Current Diesel bus price(42 thousand US \$) CNG Bus(63 thousand US \$)

Need more CNG refuelling stations

580 thousand US \$ /station (100 vehicle/day refuelling capacity)

Need to provide economic incentives for CNG bus and refuelling station owners

Difficult to secure 20m safety distance requirement between refuelling station and neighboring buildings

1994

30,000

NGV

NGV :

Zero death / 278.3×10^6 vehicle miles

Gasoline :

2.2 death / 100×10^6 vehicle miles

Fire of NGV

2.9 fire / 100×10^6 vehicle miles

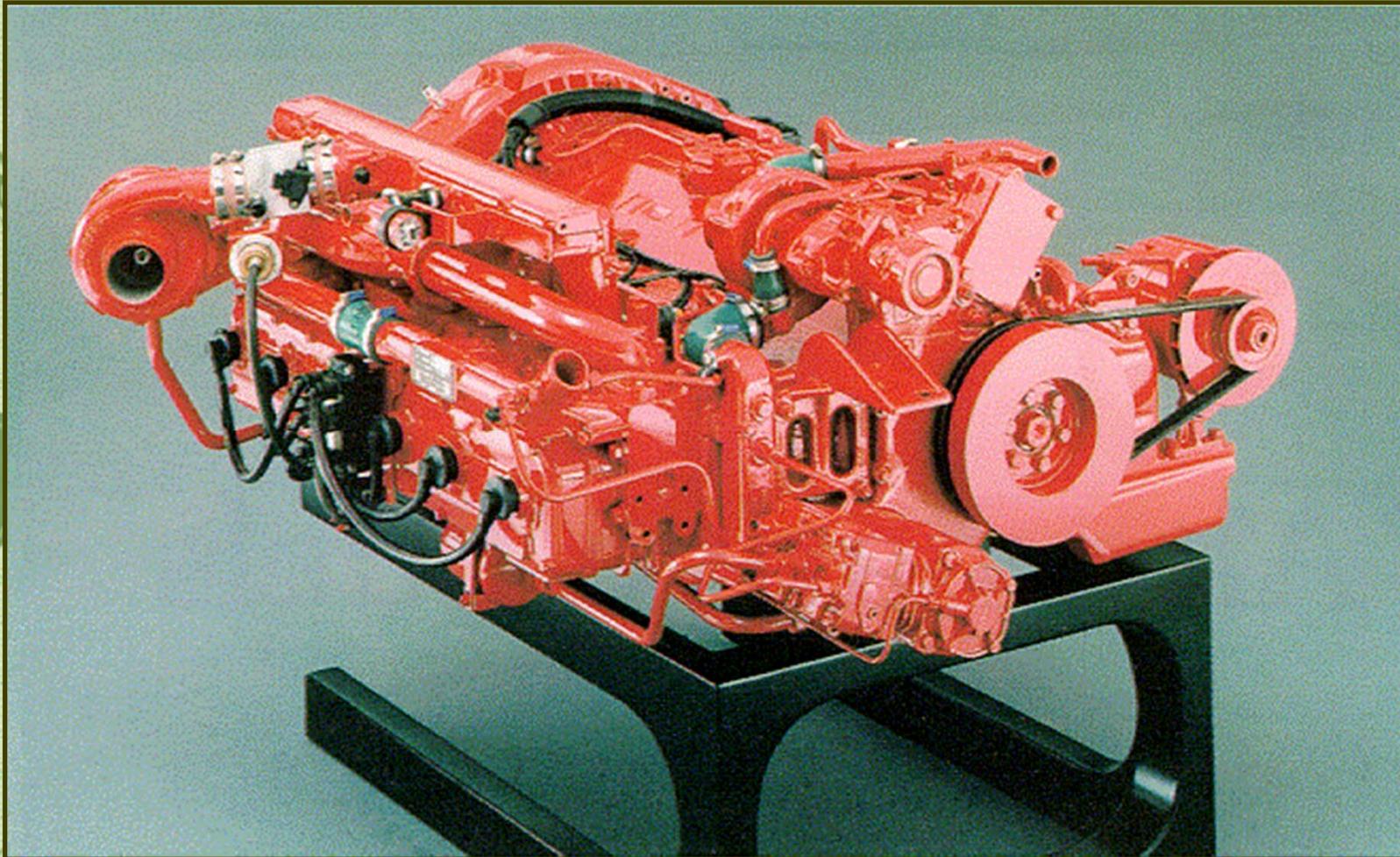
LPG 버스 현황

DAF, MAN LPG buses

- ✓ 1994년부터 소개 (DAF) ; LPI 장착, LPG버스와 CNG버스용 가스엔진 생산 (MAN)
- ✓ 70% emissions 감소, 60% 소음 감소 (경유버스 대비)
- ✓ LPG 버스 유럽 주요도시 운행 중 (1000여대) :
네덜란드(400), 덴마크(300), 프랑스(100), 이태리(20), 벨기에, 스위스, 스페인, 이태리,
포르투갈, 그리스, 독일, 오스트리아 등 ...



TNO LPG Multi-Point Injection Engine



버스용 가스(LPG/CNG)엔진 비교

Engine	Spec.	Fuel	CR	Charge exchange	A/F ratio Emission	Max Power (PS)	Max Torque (kg-m)	Application
MAN G engine	128/155 12 liter	LPG	9.5 : 1	N.A. (mixer)	$\lambda = 1.0$ TWC	240	90	Bus
DAF R engine	118/132 8.6 liter	LPG	9 : 1	Turbo (liquid injection)	$\lambda = 1.0$ TWC	231	96	Bus
MAN E engine	128/155 12 liter	CNG	11 : 1	N.A. (mixer)	$\lambda = 1.0$ TWC	240	88	Bus
A C engine	130/140 11 liter	CNG	11.5 : 1	Turbo (mixer)	$\lambda = 1.0$	270	100	Bus

버스용 LPG, CNG, Diesel Emission

- Regulated emissions of stoichiometric and lean burn HD engines compare with Diesel (1990 – 1997)

		13-Mode				Urban Use	
Fuel	Type of engine	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh	Effi %	Energy MJ/kWh
LP Gas CNG	SI stoich. + 3 way cat.	0.2	0.8	0.8	<0.02	25.8	14.0
	SI stoich. + 3 way cat.	0.6	0.8	0.8	<0.02	26.9	13.4
LP Gas CNG CNG	SI lean burn with cat	0.2	0.2	2.5	<0.02	27.7	13.0
	SI lean burn with cat	0.6	0.2	2.5	<0.02	29.0	12.4
	SI lean burn w/o cat	2.5	2.0	2.5	<0.02	29.0	12.4
Diesel 93 Diesel 96	Turbo-aftcooled Euro I Turbo-aftcooled Euro II	0.4 0.4	1.5 1.5	7.8 6.8	0.15 0.12	34.4 34.4	10.5 10.5

세계 LPG자동차 보급 현황

● LPG 차량 운행 현황 ('97)

✓ 38개국 4백만대 운행 중

● 국가별 Automotive LPG 소비량 ('97)

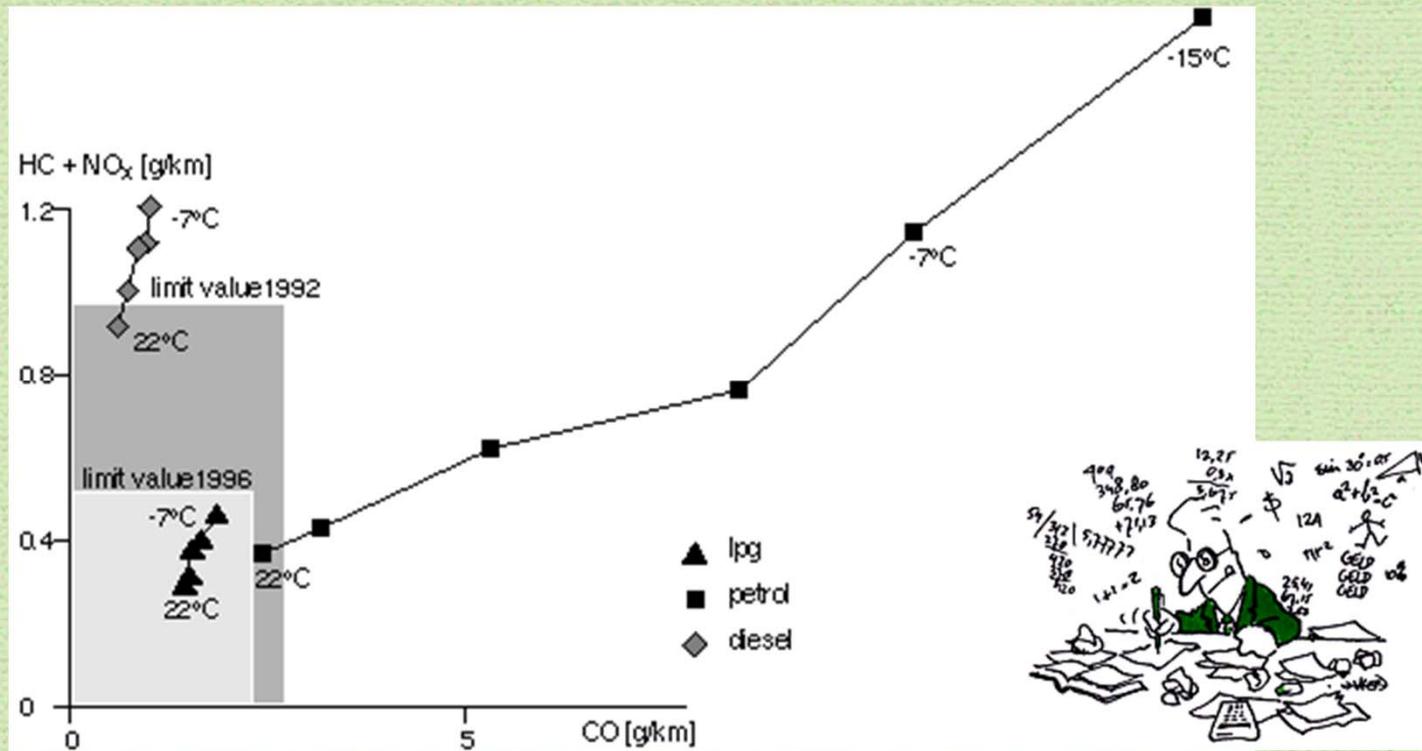
Country	Consumption (ton)	No. of vehicles
South Korea	1,786,000	401,000
Japan	1,693,000	300,000
Australia	1,240,000	490,000
Italy	1,198,000	1,100,000
U.S.A.	1,198,000	271,000
Netherlands	733,000	362,000
Total World	10,265,000	4,072,000

Automotive LPG Vehicles ('97)

Country	Taxis	LD cars	LD Fleets	HD Buses	HD Trucks
South Korea	+++		+		
Japan	+++	+			
Australia	++	++	+		
Italy	+	+++		+	
U.S.A.			+++		
Netherlands	+	+++		+	+
Canada	+		+++		+
Mexico	+	+	+		
Soviet Union		+	+		
Poland	+	+++		+	++

LPG 연료의 emissions

-가솔린, 디젤과 비교-



국내외 LPG자동차 기술 (소형)

국내 차량의 유해배기가스 배출량 (국립환경연구원 자동차 공해 연구소)

	(CO, g/km)	(HC g/km)	(NOx, g/km)
(가)	1.40	0.16	0.14
LPG	1.90	0.32	0.51
()	0.64	0.09	1.12

외국 LPG 차량의 유해배기가스배출량

	(CO, g/km)	(HC g/km)	(NOx, g/km)
Vauhall Omega 2.0	0.10	0.016	0.048
Opel Vetra	0.12	0.024	0.033
Renault Laguna 1.8	0.35	0.060	0.050

국내외 LPG자동차 기술 (대형)

국내 경유 버스와 외국 LPG 버스의 배출가스 비교

	(g/kWh)		(g/kWh)	
		EURO III		LPG
HC	1.2	0.7	0.7	0.5
CO	4.9	2.5	2.45	0.5
NOx	6.0	5.0	7.35	1.0
PM	0.1	0.1	0.36	0.05
Smoke	25%	-	19%	0

LPG 버스자료는 TNO에서 1996년 DAF버스로서 13mode test 결과임
배출허용기준 : 한국 2001.12.31 까지, EUROIII 2000년 이후

LP 가스엔진의 연료공급 시스템

- LP 가스엔진으로의 변환 시 가장 중요한 System

- Automotive LP Gas Fuel System의 변천사

- ✓ 1st generation

- ✓ carburation system, open loop control

- ✓ 2nd generation (국내기술 수준)

- ✓ feed back mixer, closed loop lambda control

- ✓ 3rd generation (유럽기술 수준)

- ✓ gas/liquid injection system, closed loop lambda control



LPG 연료 주요성분 조성

● 한국

겨울철(서울) 프로판 25%, 부탄 75%

여름철(서울) 프로판 0%, 부탄 100%

● 유럽

프로판 60%, 부탄 40%

● 북미지역

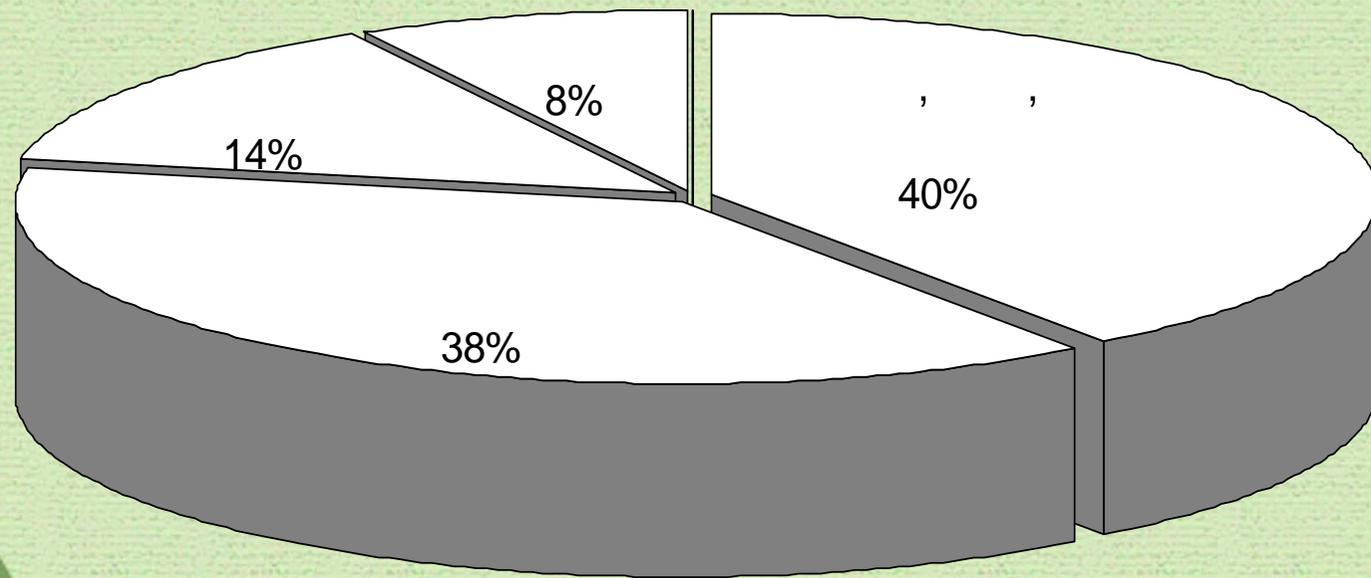
프로판 100%, 부탄 0%

CNG Bus vs. LPG Bus

- ◆ 경제성
- ◆ 안전성
- ◆ Infra structure

LPG충전소 사고사례분석

- 탱크로리와 저장탱크와의 이·충전시 가스누설에 의한 사고.
- 충전소설비의 검사, 수리, 유지보수 작업시에 의한 사고.
- LPG차량 오발진에 의한 충전호스 및 충전기 파손사고.



[LPG충전소 사고 사례 분포]

1985-1994, 6, 41

6, 22 → 0.35 %

0.04 %

LPG

1991-1996, 9, 7

1, 20 → 0.25 %

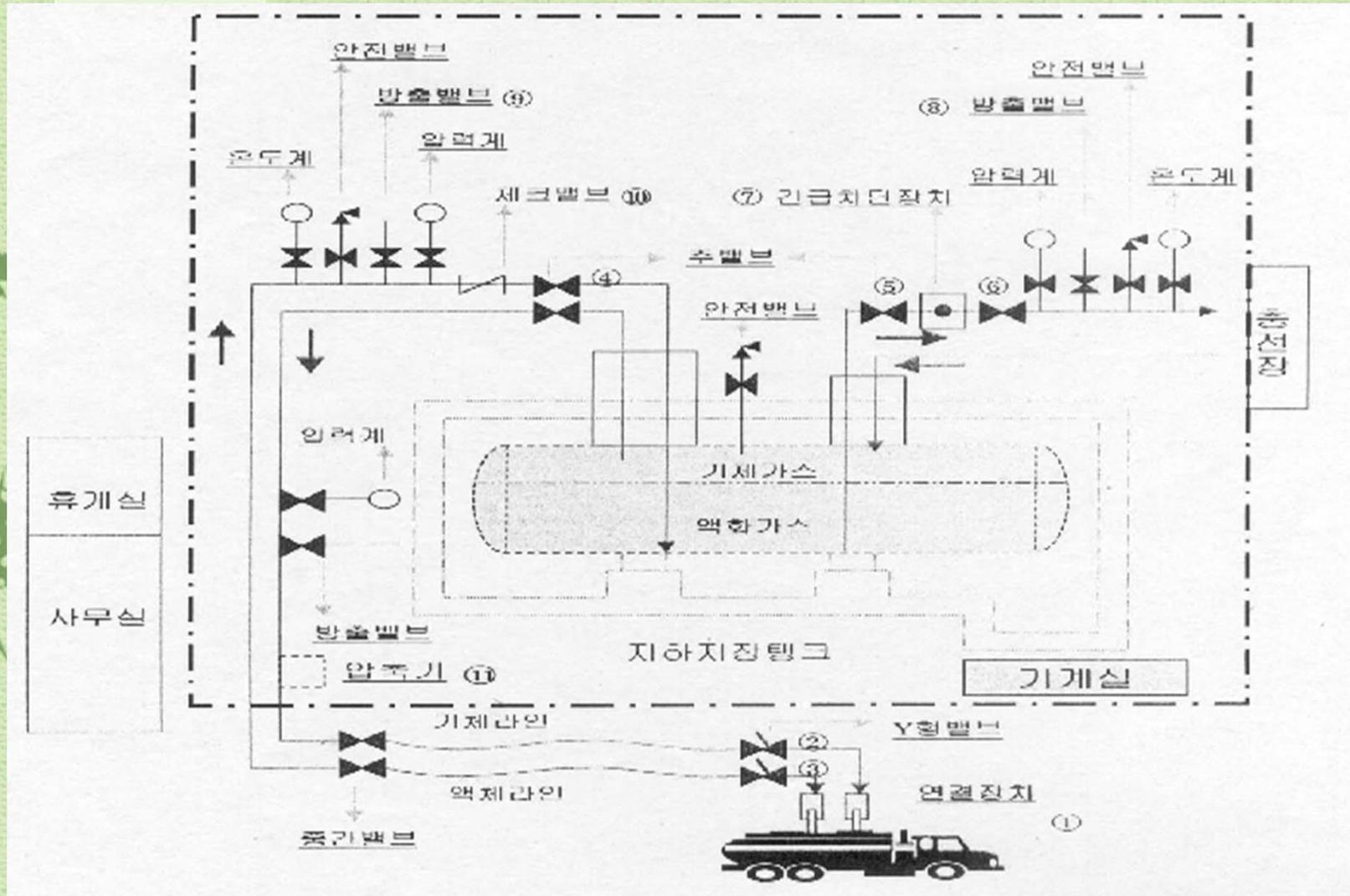




부천 LPG충전소 사고 개요

- ◆ 부탄 탱크로리로부터 저장탱크로의 작업 개시 직후 많은량의 가스누출이 발생하여 지표에 잠시 체류후 미상의 점화원에 의해 화재가 발생한 후 충전소 내에 정차하여 하역작업 중이던 2대의 탱크로리에 **BLEVE** 현상으로 발전한 사고이다.

부천대성에너지 충전소



Height of Flame

$$\frac{H}{D} = 42 \left[\frac{b_r}{\rho_a} \sqrt{gD} \right]^{0.61}$$

H : 화재의 가시적 높이 (m)

b_r : LPG의 연소속도 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

g : 중력가속도 (m/s^2)

D : 화염의 바닥 직경 (m)

시간에 따른 연소량

$$W = \frac{\pi D^2}{4} b_r \times s$$

W : 연소량 (kg)

D : 화염의 바닥 직경 (m)

s : 연소시간 (sec)

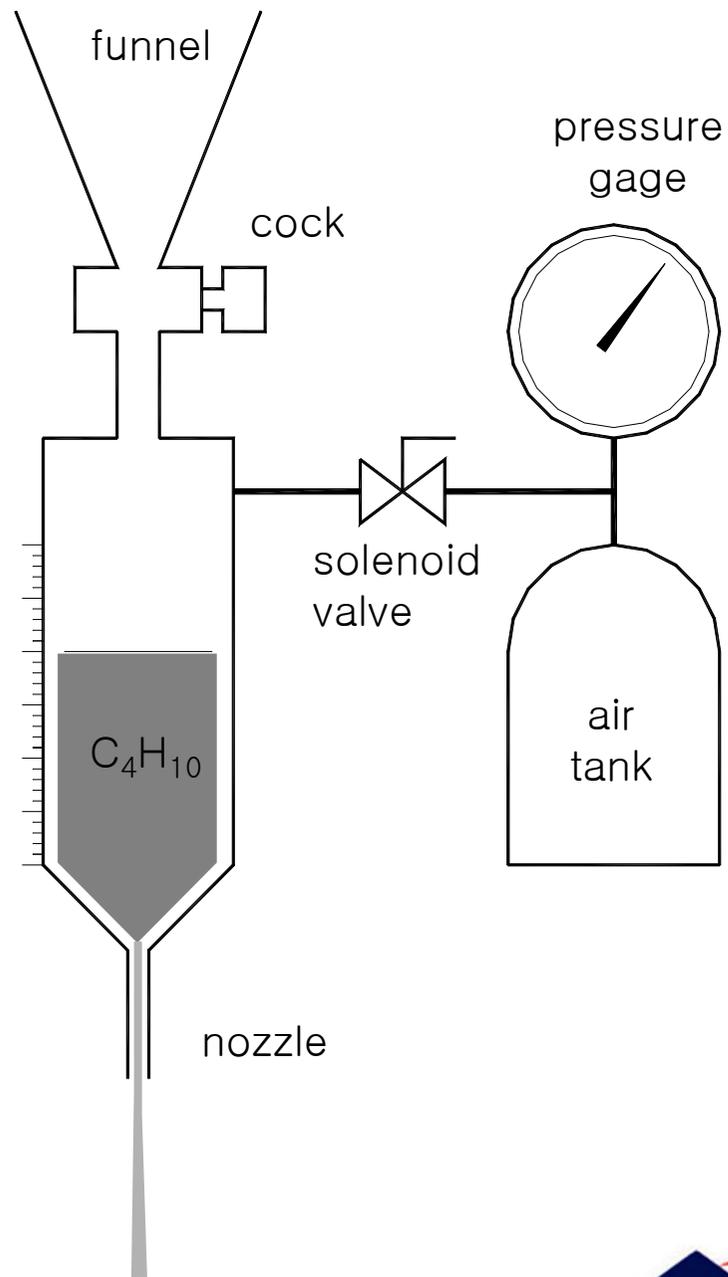
화염높이, 직경의 변화와 연소시간에 따른 부탄의 연소량

			(kg)
20 m	8.00 m	5	1,570
		10	3,140
15 m	5.29 m	5	690
		10	1,370
10 m	2.95 m	5	210
		10	430

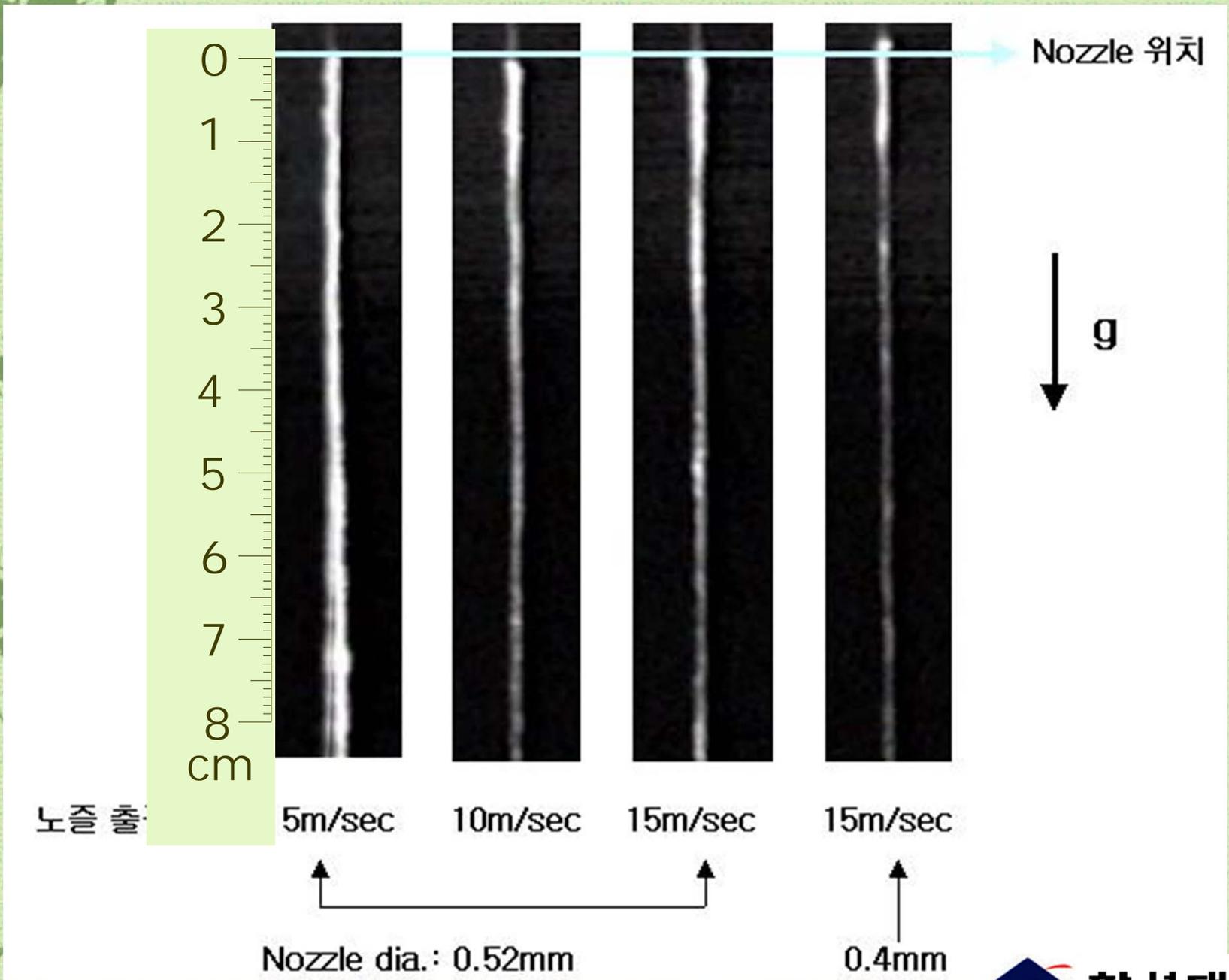
LPG의 질량누출속도 계산결과

	(kg/s)					
		2			2	
S(12.5mm)	2.31	0.91	0.21	1.37	0.99	0.09
M(25mm)	9.23	3.63	0.86	5.50	3.96	0.35
L(50mm)	36.93	14.53	3.43	21.98	15.86	1.42

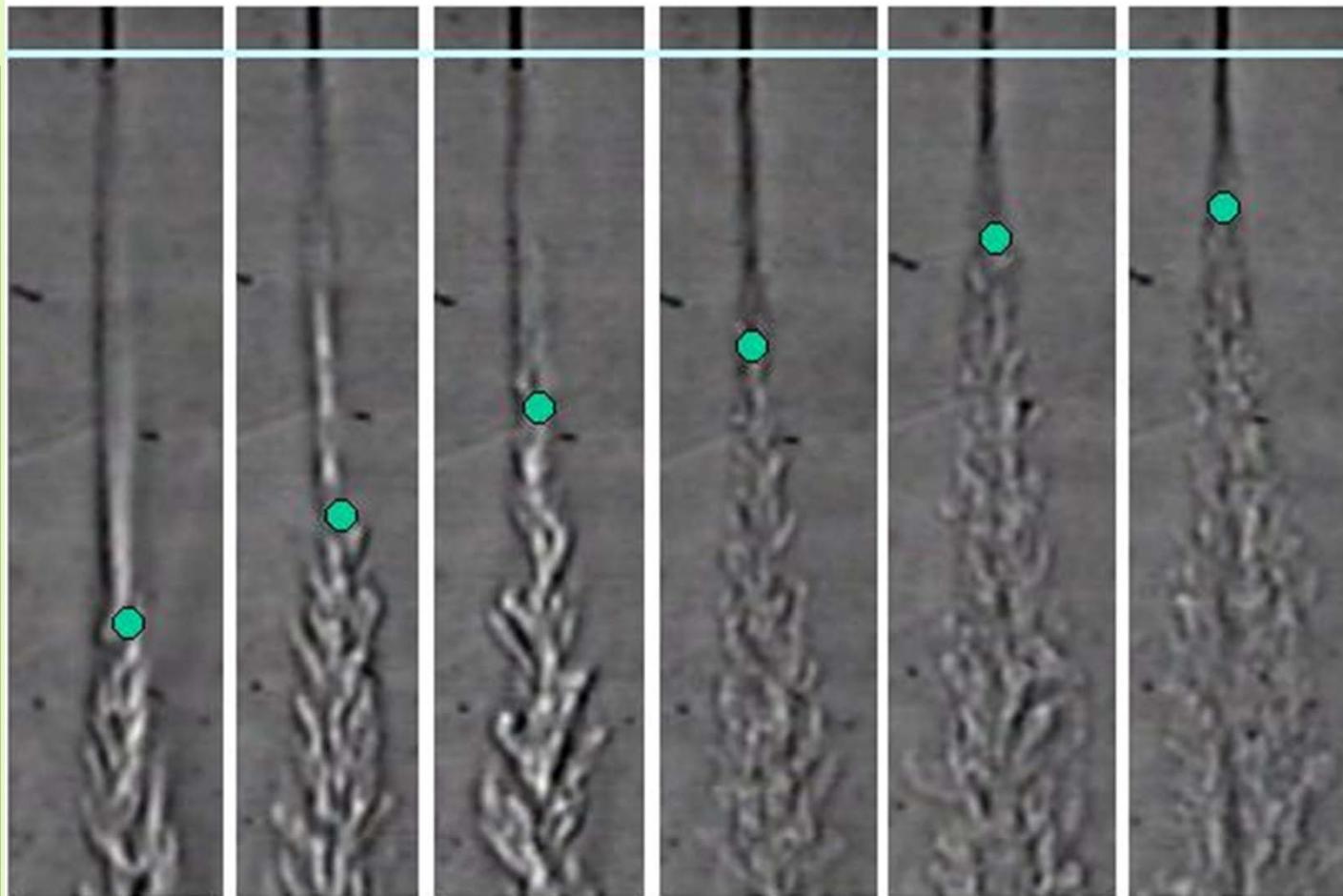
- 일반적으로 LPG누출화재 사고는 Pool화재의 형태로 발전하지 않는다고 알려져 있다. 그것은 LPG가 대기중에 누출할 경우 급속한 증발로 인하여 액상의 유지시간이 짧다고 보기 때문이다. 그러나 부탄의 경우 부천의 LPG충전소 사고와 같은 Pool화염이 발생한다. 이는 부탄의 잠열이 커서 일반의 추측과 달리 급격한 기화가 일어나지 않기 때문이다.



Injection tank



0
1
2
3
4
5
6
7
8
cm



2m/sec

3m/sec

4m/sec

10m/sec

15m/sec

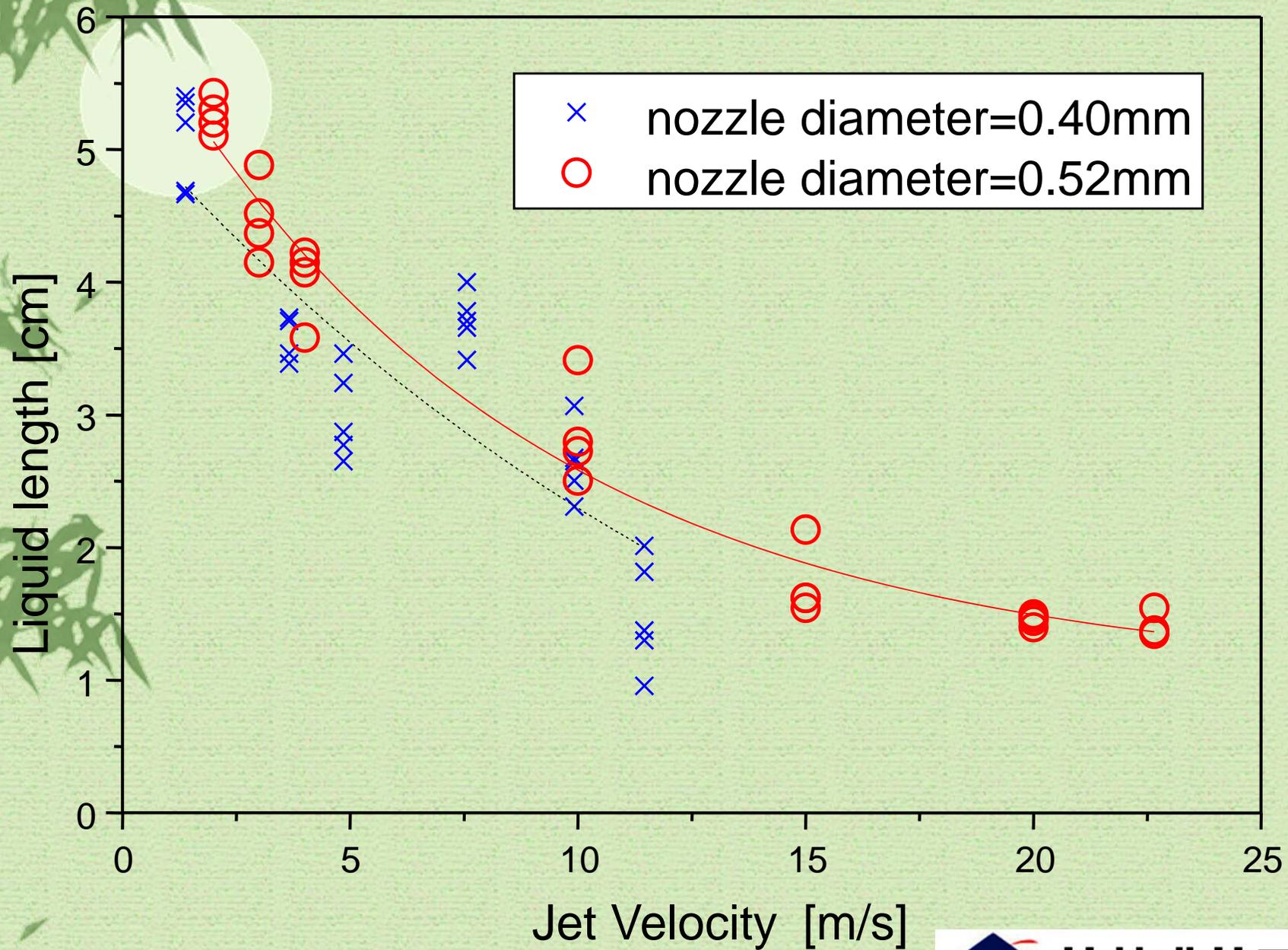
20m/sec

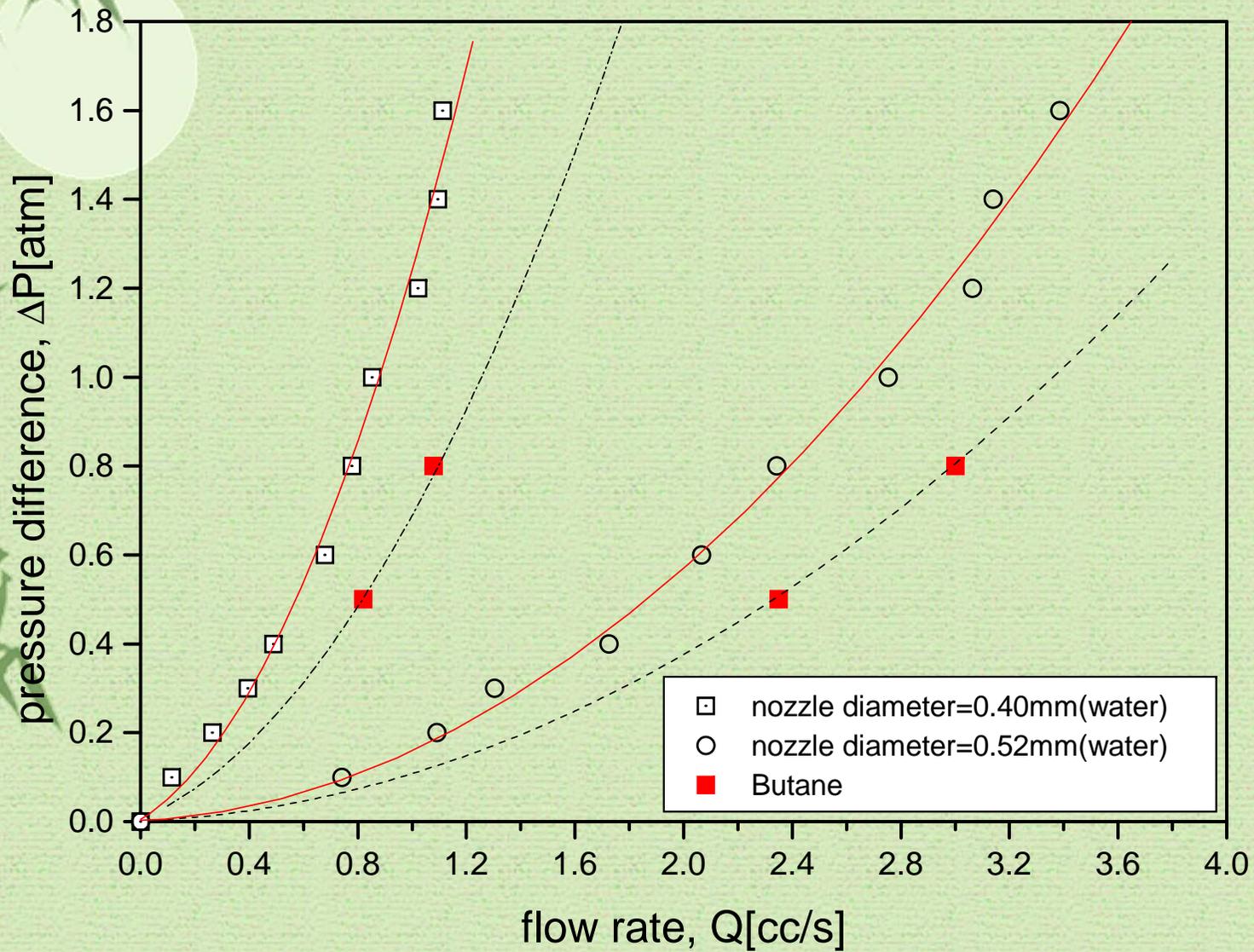
Nozzle 위치

g



한성대학교





맺음말

1) 상온, 상압의 대기중으로의 액체부탄분출제트는 상당한 거리를 진행할 때까지 액체상태를 유지한다. 대기와의 낮은 온도차이와 부탄의 낮은 증기압이 급격한 상변화를 유발하지 않는다. 따라서 액체부탄이 누출할 경우 액상만의 제트가 가능하다. 이렇게 액상만으로 누출될 경우 부탄에 의한 폭발재의 가능성은 충분하다.

2) 액체부탄의 누출량을 유량의 검정을 통하여 물과의 상대적인 값을 구해 보았다. 본 실험조건(압력차 2기압미만)에서 액체부탄의 누출량이 물에 비해 25내지 40%정도 많았다.

“

,

”

.

-유홍준의 나의 문화유산 답사기에서