

# 국내 수소생산 및 소비와 인프라 현황

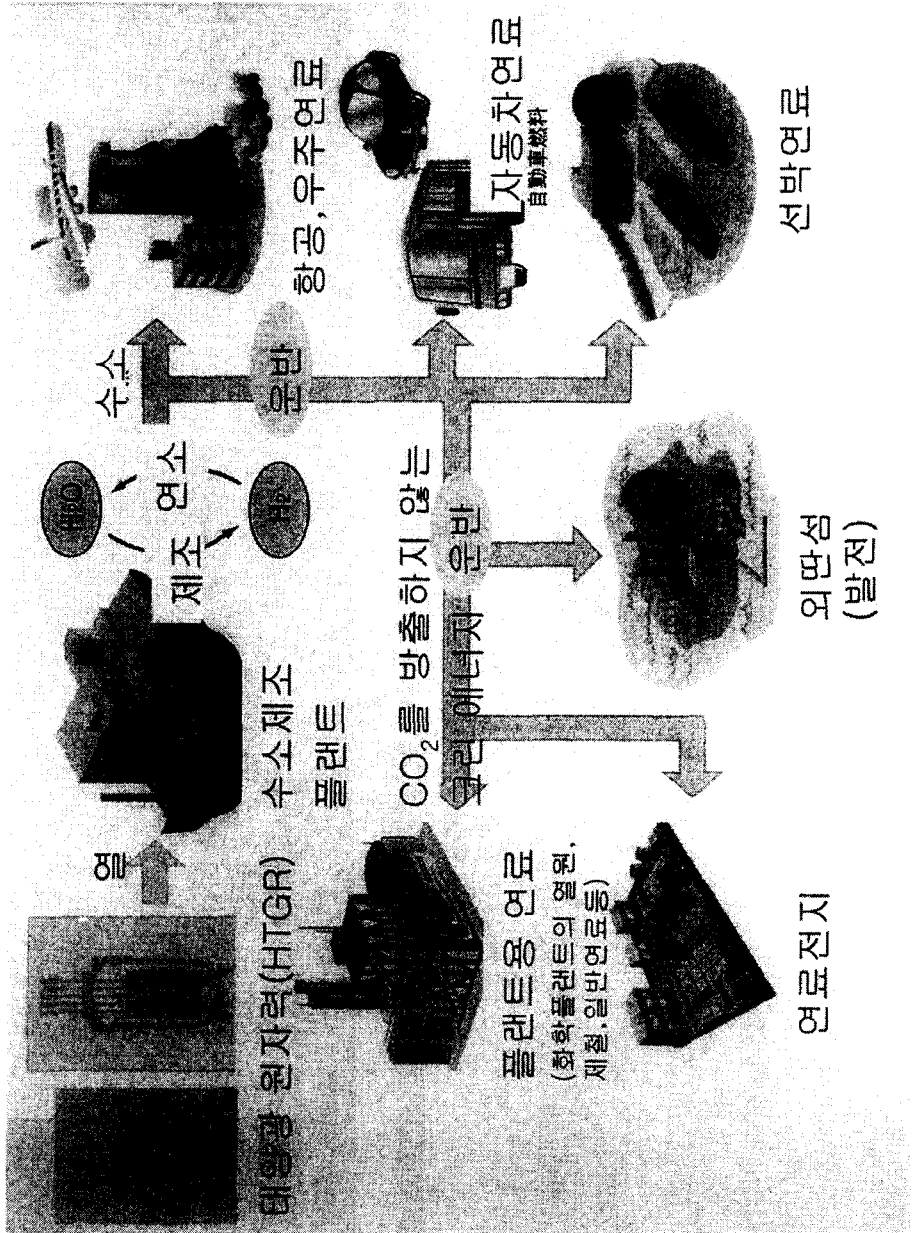
김흥선

(주)덕양에너지

# 수소에너지 기술

- 에너지는 국가의 안전 및 경제 사회발전을 이룩하는데 있어 절대적인 요소이자, 미래 산업을 유지하는 원동력
- 기존의 화석연료를 대신할 신에너지 제조기술은 21세기 에너지안보 및 국가 경쟁력을 결정하는 중요한 요소기술
- 장기적으로는, 물로부터 수소를 제조하고 사용 후 다시 물로 돌아가는 이상적인 수소에너지시스템이 기대
- 수소의 생산단가가 화석연료의 생산단가보다도 낮게 되는 시점은 2010 년 이후에 도래할 것이라고 예측
- 수소의 가장 유망한 이용기술로 연료전지 기술이 자동차와 발전 등의 분야에도 파급
- 수소의 제조기술부터 공급에 이르는 인프라 구축기술의 필요성이 증대

# 수소에너지시스템



# 수소의 제조기술

- 현재는 주로 석유나 천연가스의 열분해에 의하여 제조되거나 화학공정의 부산물로서 주로 얻어짐.
- 장차 청정에너지 시스템에서 궁극적인 수소의 제조기술은 화석연료에 의하지 않고 대체에너지를 이용하여 물로부터 수소를 제조하여야 할 것임.
- 태양광분해법, 열화학사이클법, 전기분해법, 고온열분해법 등이 연구개발중.

# 국내 수소생산 현황

- 현재 수소는 에너지원보다는 화학제품의 원료 및 화학공장의 공정가스로 널리 사용
- 국내 석유화학에서는 주로 Naphtha Cracking이 이용되며, 대규모 석유화학단지인 울산, 나주, 대산 등에서 상당량이 생산
- 석유화학공정용 또는 화학공업 원료로 쓰이는 탓에 자체적인 수요 공급이 거의 이루어진 상태
- 국내에 유통되는 수소는 주로 부생가스로부터 생산
- 국내 산업에서 부생가스로 수소가 대량으로 발생하는 곳은 제철소와 가스소다 업체, 스타이렌 모노머 공장

# 제철소 부생가스

- 포항제철: 소요 에너지의 약 94%를 석탄으로부터 얻음
- 철광석의 환원반응에 석탄을 이용하는 과정에서 생기는 막대한 양의 부생가스(열량기준으로 원료탄의 42% 수준)를 거의 전량 연료로 소비
- 단위 열량당 가격이 석유의 절반 수준 (2001년 원유 1 배럴당 26\$, 석탄 1톤당 38\$ 수준)
- 제철가스: 코크스를 제조하는 코크스에서 발생하는 COG(Coke Oven Gas), 고로를 중심으로 하는 제선과정에서 발생하는 BFG(Blast Furnace Gas), 전로를 이용하는 제강공정에서 발생하는 LDG(Lintz Donawhitz Gas) 등

- 이 가스들은 정화장치를 거쳐 제철 각 공정의 소요 열량에 따라 일정 비율로 혼합된 후, 코크스爐 연료, 高爐 연료, 철재가공 열원 등으로 이용하고 전력생산에도 일부 이용
- BFG는 CO, H<sub>2</sub>의 함량이 낮아 연료로 이용
- COG는 수소를 얻거나 혹은 포함된 탄화수소를 부분 산화 또는 수증기 개질로 합성가스를 얻을 수 있음
- LDG는 분리하여 CO를 얻을 수 있음
- 제철공정의 특성상 각 가스의 상호간, 그리고 타 연료와도 열량 기준으로 상호대체가 가능: 장차 단순에너지로의 이용보다 부가가치가 높은 타 용도로 전환이 용되는 C<sub>1</sub> 화학의 원료로서 검토

# 제철소 발생가스 조성

부생가스 종류	포함량 (2000) (단위: 백만 m <sup>3</sup> /hr)		광양	
BFG (Blast Furnace Gas)	1.8		2.2	
COG (Coke-Oven Gas)	0.23		0.265	
LDG (Linz Donawitz Converter Gas)	0.11		0.14	
CFG (COREX Furnace Gas)	0.14			
총발열량	22.7 trillion kcal		21.6 trillion kcal	
총소비량	22.7		21.6	
조성	BFG Vol %	COG Vol%	LDG Vol%	CFG Vol%
CO <sub>2</sub>	20.7	3.1	17.8	33.0
CO	20	8.4	64.2	43.0
H <sub>2</sub>	3.2	56.4	2.0	21.0
CH <sub>4</sub>	-	26.6	-	1.0
CmHn(Higher Hydrocarbon)	-	2.0	-	-
N <sub>2</sub>	54.1	2.3	15.9	2.0
발열량 (kcal/m <sup>3</sup> )	750	4,400	2,000	

(Source: RIST)



# COG 가스

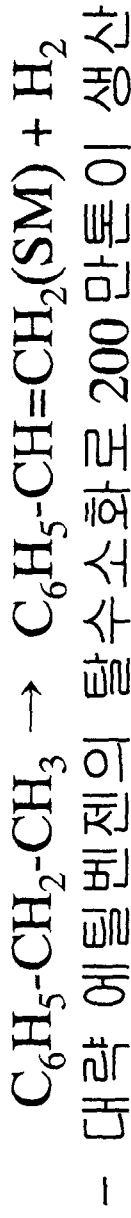
- COG 가스: 수소 56.4% 함유
- 생산량:  $495 \times 103 \text{ m}^3/\text{hr}$  (연간 330일 기준,  $3.92 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ ) → 19.7만톤의 수소
- 현재 국내 유통시장의 연간 수소소비량은 1.6만톤 수준
- 포철 자체에서 필요로 하는 수소는 COG 중의 일부를 PSA(Pressure Swing Adsorption)에 의해 정제
- $\text{H}_2$  PSA: 포항에  $700\text{Nm}^3/\text{hr}$  2기, 광양에  $500\text{Nm}^3/\text{hr}$ ,  $550\text{Nm}^3/\text{hr}$  각 1기를 사용
- 나머지는 자체에서 보일러용 연료로 사용
- 제철소의 에너지 수지에 영향을 주지 않고, 또는 일부 타 연료로 대체하는 경우 어느 정도까지 수소 정제용으로 쓸 수 있는지에 대한 분석이 필요

# 가성소다 공업

- 소금물 전해법에 의한 가성소다 제조  
 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$
- 가성소다 80에 대해서 2 (가성소다 1톤당 280m<sup>3</sup>)의 수소가 발생, 순도는 99.9% 이상
- 국내 가성소다 생산업체: 백광산업 10만톤, 동양화학 4.5만톤, 삼성정밀화학 16만톤, 한화종합화학 62만톤, LG화학 18만톤
- 국내 가성소다 생산량: 1998 년 844천톤, 1999 년 916천톤, 2000년 1,135천톤
- 연간 2.8만톤의 수소가 발생
- 발생수소 대부분이 석유화학공업이나 합성염산 제조 공정 중에 재투입
- 상당한 양이 보일러 열원으로 이용

# SM(Styrene Monomer) 제조

- 2000년 SM 국내 생산량 246 만6천톤
- 시설능력: 동부화학 21만톤, 여천NCC 14만톤, LG화학 33만톤, SK에버텍 56만톤, 현대석유화학 39만톤, 삼성중합화학 67만톤 등 총 230만톤
- 이중 90% 이상이 에틸벤젠의 탈수소화로 생산, 이 과정은 흡열반응이며, 수소가 발생



SM 1톤당 19kg의 수소가 발생  
3.8만톤(= 4.26억Nm<sup>3</sup>)의 수소가 발생하는 것으로 추산

# 부생수소 발생원과의 농도

Feed source	H <sub>2</sub> in feed %	Feed source	H <sub>2</sub> in feed %
Steam reforming	64 ~ 96	Methanol loop purge	68 ~ 84
Ethylene off-gas	35 ~ 98	Butadiene off-gas	79
Catalytic reformer off-gas	75 ~ 90	Ammonia loop purge	60
Chlorine off-gas	98	Toluene HDA H <sub>2</sub> purge	57
Dissociated ammonia	75	Cyclohexane H <sub>2</sub> purge	42
H <sub>2</sub> CO cold box	94 ~ 99.5	LPG dehydrogenation	58
EB-styrene off-gas	80 ~ 85		

# 수소생산원료 및 능력

(단위: m<sup>3</sup>/h)

업체명	원료공급처	제조방식	생산능력	평균수급량	공급여유분
덕양에너지	삼성BP화학	Naphtha	2,000	800	1,200
	SK	"	10,000	800	9,200
	삼성정밀화학	"	3,000	500	2,500
	태광산업	"	15,000	8,000	7,000
	삼성종합화학	LPG	3,000	1,400	1,600
	현대석유화학	Naphtha	3,000	400	2,600
	한화석유화학	SM공정	5,000	300	4,700
비오씨 가스코리아	소계		41,000	12,200	28,800
	포항제철	Cokes	300	200	100
	현대석유화학	Naphtha	9,000	7,000	2,000
SPG산업	소계		9,300	7,200	21,000
	삼성BP화학	Naphtha	2,000	700	100
	이수화학	탈수소	1,000	300	500
	효성T&C	LPG	400	300	100
	동진세미켐	소금물분해	400	300	100
	LG화학	병커-C유	700	500	200
	백광산업	소금물분해	1,500	1,000	500
소계		6,000	3,100	2,900	
총계		56,300	22,500	33,800	

(자료: /가스저널 제39호, 2002. 10. 2.)

# 제조업체 현황

국내 수소(H<sub>2</sub>) 제조업체 현황



(단위: m<sup>3</sup>/시간당)  
 \*는 2003년 이후 가동예정  
 ( )는 원료공급처  
 ▲생산 수급량  
 ■공급여유분

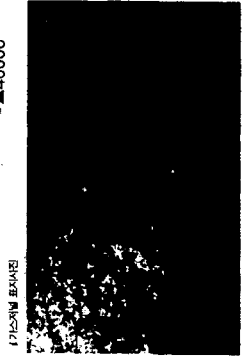
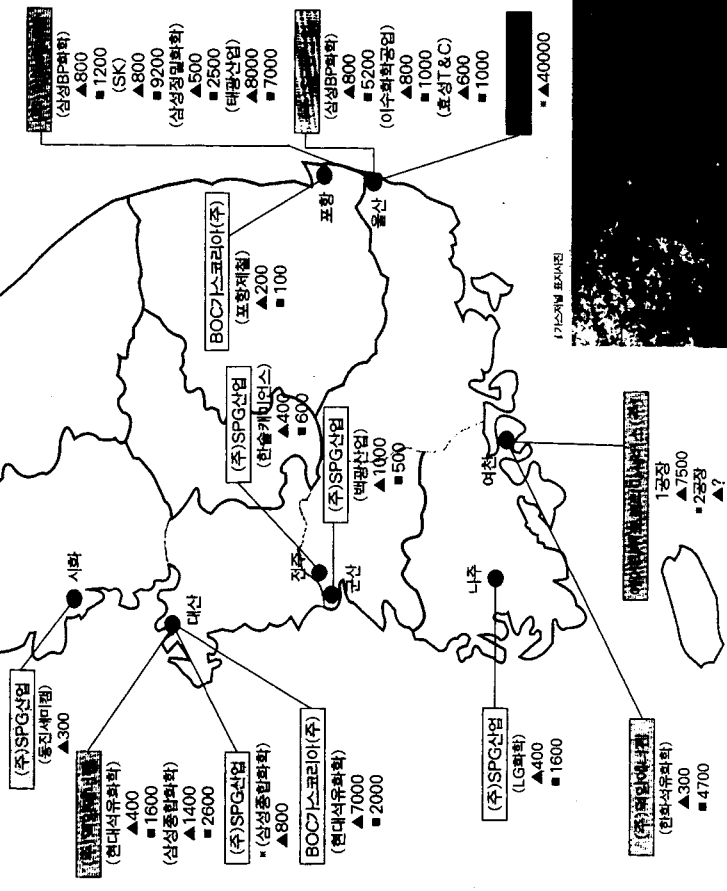


사진 : 박일남(한국수소연구개발원)

# 국내 수소유통 인프라

- 파이프라인으로 56%, 카트리지로 44%의 양을 공급
- 정제수소의 공급 가능량:  
현재의 유통시장 시간당 2만2천m<sup>3</sup> 규모, 330일 기준  
→ 연간 1.57만톤, 1.74억Nm<sup>3</sup>의 대략 2.5배 수준
- 대표적인 국내의 유통업체:  
덕양에너지, SPG산업 및 BOC가스코리아
- 국내 유통 수소의 대부분은 석유화학공정 중 부산물  
로 생성

# 국내 수소 판매물량

(단위 : Nm<sup>3</sup>/hr)

판매사	SOURCE	생산방식	판매물량	비고
더양에너지	태광산업(주)	LPG Cracking	10,000	
	SK	Naphtha 분해	400	
	삼성정밀화학(주)	Naphtha 분해	1,000	
	삼성BP화학(주)	Naphtha 분해	800	
	현대석유화학(주)	NCC/SM공정	400	
	삼성종합화학(주)	NCC/SM공정	1,400	
	한화석유화학(주)	소금물분해	2,500	
	소계		16,500	
	이수화학(주)	n-paraffin탈수소	400	
	삼성BP화학(주)	Naphtha 분해	400	
SPG산업	삼성종합화학(주)	SM 공정	700	
	동진세미켄	소금물분해	300	
	호성T&C	LPG탈수소	400	
	엘지화학(주)	LPG Cracking	500	
	한솔케미언스	Naphtha 분해	400	
	백광산업	소금물분해	400	
	소계		3,500	
	POSCO(포항)	Cokes	200	
	현대석유화학(주)	NCC/SM공정	7,800	현대석유화학 판매
	현대석유화학(주)BOC	NCC/SM공정	700	
소계		8,700		
ALKOS	여천제1플랜트	여천제1플랜트	7,500	
	여천제2플랜트	여천제2플랜트	40,000	5월말 예정
	소계		47,500	
기타	계		54,000	
	계		130,200	ALKOS #2 미포함시90,200M3/H



# 수소 공급방식 비중

(단위 : Nm<sup>3</sup>/hr)

구 분	공급방식				비 고
	파이프라인		카트리지		
	물량(M3/h)	비중(%)	물량(M3/h)	비중(%)	
덕양에너지	12,900	78	3,600	22	
SPG산업	1,800	51	1,700	49	
BOCK	7,800	89	900	11	
ALKOS	47,500	100	-	-	
기 타	3,684,900	100	-	-	자가소비+자가판매물량임
계	3,754,900	99.8	6,200	0.2	

# 수소 수요처별 공급비중

(단위 : Nm<sup>3</sup>/hr)

구 분	덕양에너지		SPG 산업		BOCK		ALKOS		자가소비		계	
	물량	비중(%)	물량	비중(%)	물량	비중(%)	물량	비중(%)	물량	비중(%)	물량	비중(%)
전자.반도체	4,700	28.5	1,300	37.0	200	2.3					6,200	0.2
철강.금속.비철금속	1,400	8.50	1,000	28.6	500	5.7			2,099,700	57.0	2,102,600	55.9
유지류			700	20.0							700	
화학	7,300	44.0	350	10.0	8,000	92.0	47,500	100.0	381,100	10.3	444,250	11.8
기타	3,100	19.0	150	4.3					1,204,100	32.7	1,207,350	32.1
계	16,500	100.0	3,500	100.0	8,700	100.0	47,500	100.0	3,684,900	100.0	3,761,100	100.0

주) 기타업체는 : 산업용가스 업체, 각연구소, 정유사등임

# 수소자동차 현황

- 1980년대부터 선진국을 중심으로 수소자동차 개발 시작
- 자동차분야가 차지하는 온실가스 배출량은 전체의 24%를 점유
- 캘리포니아주의 대기오염방지법에 따라 2003년부터 시작하는 제3 phase(ZEV 10% 도입)를 완전 실시
- 현재 세계적으로 행해지고 있는 연료전지자동차의 개발 경쟁은 2003년에 캘리포니아에 첫 번째로 진출하는 것을 목표로
- 2000년 11월에 캘리포니아 연료전지 partnership이 시작되어, 미국, 독일, 캐나다, 일본, 한국 등의 연료전지자동차와 버스가 Sacramento 시의 도로를 주행하는 시범을 계속중

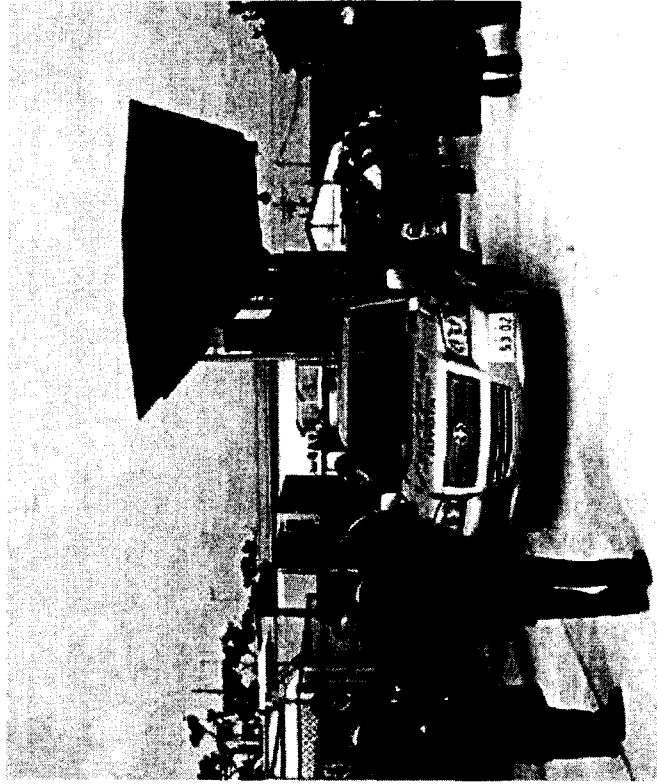
## 연료전지자동차 보급

- 연료전지자동차의 시장규모는 2004년 전후하여 소량 양산이 시작
- 2010년 전후 본격 양산에 들어갈 것으로 전망
- 노무라와 다임크라이슬러의 예측:  
2005년 1만대, 2010년 10만대, 2015년 50~470만  
대, 2020년 150~900만대 보급
- 연료전지자동차의 본격적인 실용화는 2015년 이후로  
예상됨

# 수소공급 인프라구축

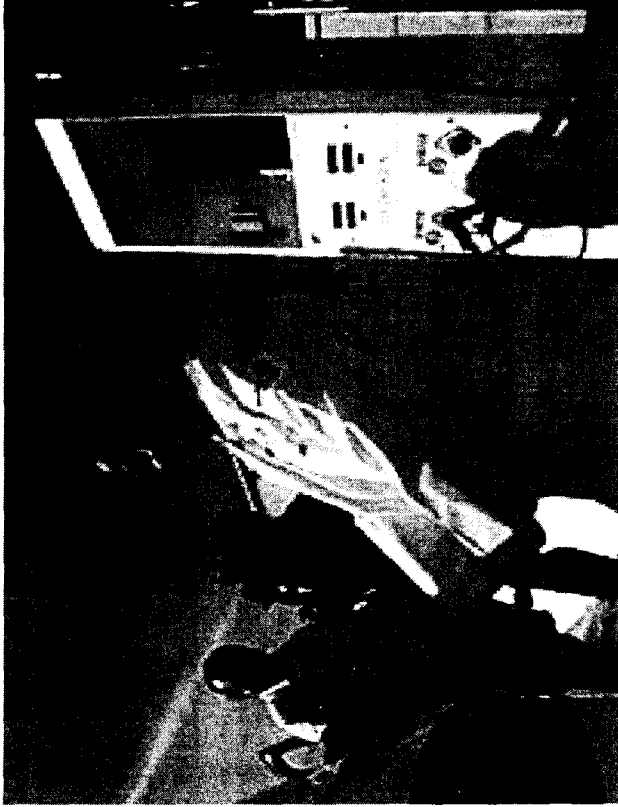
- 수소 인프라 문제는 수소자동차가 어떠한 형태로 진  
행될 것인가에 따라 달라질 수 있음
- 장차 수소저장기술의 개발이 큰 요인으로 작용
- 수소자동차의 수소저장탱크에 직접 수소를 공급하는  
방법이 최선
- 아직까지 최적의 저장방법이 개발되지 않았음
- 메탄올 등의 차량탑재형 개질기술을 적용하는 방법도  
검토중
- 인프라에 투자한다는 것 자체가 현재로서는 기회이자  
위험 요소이어서, 자동차업계, 정부와 긴밀한 공조가  
이루어져야 할 부분

# 수소충전소(WE-net)



- 일본 WE-net project로 요코하마 지역에 수소충전소 2개소 설치
- 전기분해 수소제조와 고압 및 수소저장합금에 수소저장
- 동경 지역에도 수소충전소를 추가로 설치하고 연료전지자동차용 차고를 설치

# 수소총전소(Stuart Energy)



- 미국 California Fuel Cell Partnership 주관
- 2002부터 2003까지 연료전지 자동차 시범운행
- San Francisco Bay Area의 Richmond에 수소총전소 설치(Stuart Energy 제작)
- UTC Fuel Cells사와 Quantum Technology사가 합작사로 포함

# 수소총전소(TotalFinaElf)



- 유럽의 Clean Urban Transport in Europ(CUTE) 프로젝트로 2002부터 2004까지 연료전지버스 시범운행
- 독일 베를린에 TotalFinaElf 그룹에 의해 수소총전소를 건설 개통
- 액체수소 및 고압가스 동시 충전



## 결 론

- 국내 부생가스의 이용현황으로 볼 때 가격 등의 조건이 맞는다면 수소공급은 현재보다도 수배의 수요증대가 있다 해도 큰 어려움 없이 공급이 가능
- 국내 수소자동차 도입시 수소공급은 현재 국내발생 부생가스를 이용하여 중단기적으로 가능
- 전국적인 규모의 유통망 구축 및 공급설비 구축은 기존 수소유통업계의 참여와 정부의 지원이 필요
- 수소에너지 체계로 가는 길목에 있는 현시점에서 자동차 산업의 국내 비중을 고려할 때, 수소인프라 문제를 거론할 시기가 된 것으로 보이며, 이에 국내 가스 제조 및 유통업체의 참여가 요망