

2003 춘계 에너지공학회

# 연료전지용 연료변환장치의 기술개발 동향 및 전망

**SK (주) R&D Center**

윤영식, 우태우

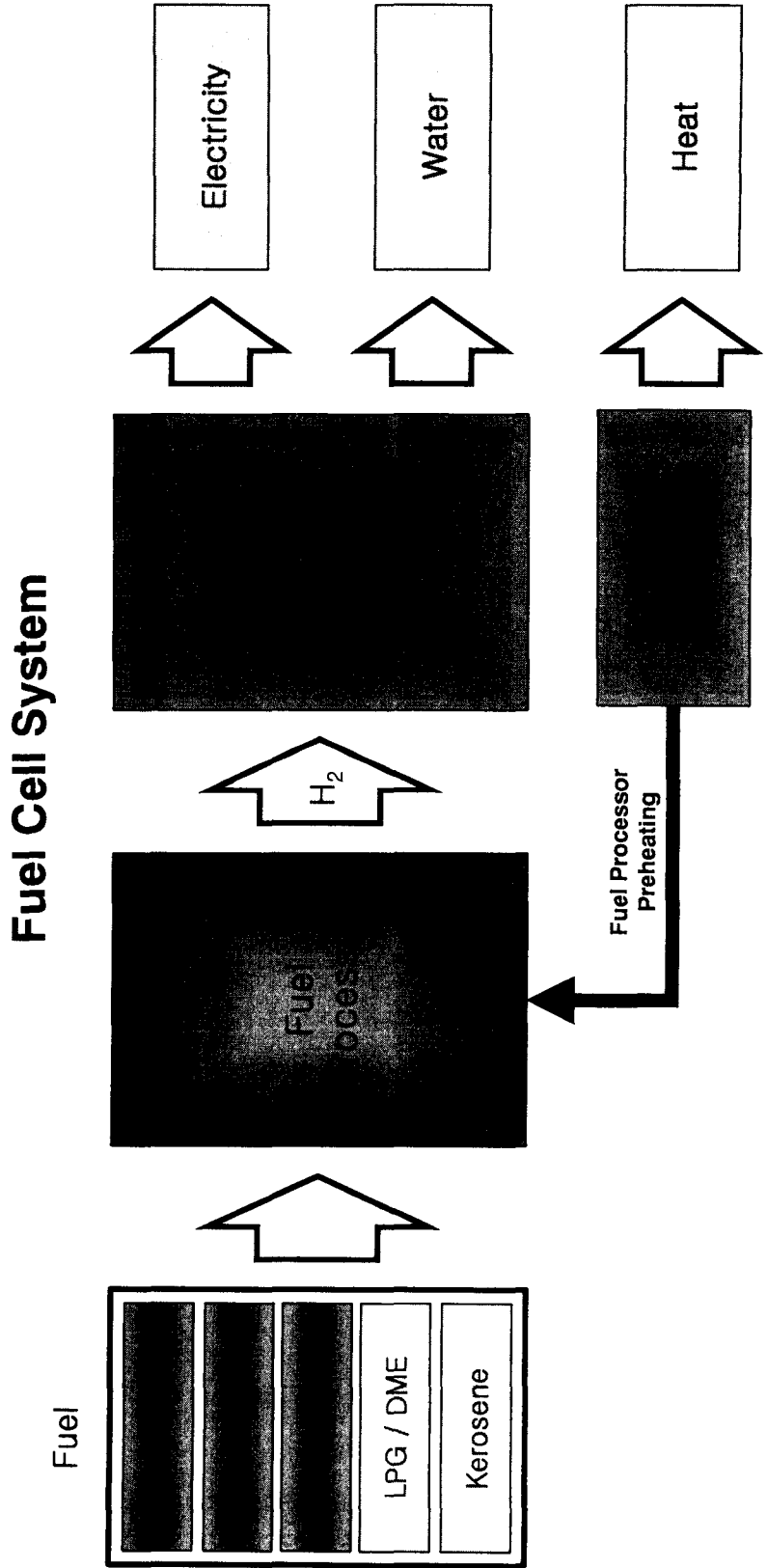
# Contents

---

□ 연료전지의 구성	3
□ 연료전지 시장 - 형성 및 특성	4
□ Player 및 Customer의 Needs	6
□ 주요 Players의 B/M	7
□ 연료전지와 연료변환장치의 관계	11
□ 연료전지용 연료변환장치의 활용	12
□ 연료변환장치의 기술개발 동향 - 오사까 가스	18
□ 연료변환장치의 기술개발 동향 - 도쿄 가스	21
□ 연료변환장치의 기술개발 동향 - 국내	24
□ 수송용 연료전지에서의 연료변환장치 (On-board인가? On-site인가?)	25
□ SK의 기술개발 현황	26
□ 연료변환장치의 기술적 Issues	32
□ Summary	33

# 연료전지의 구성

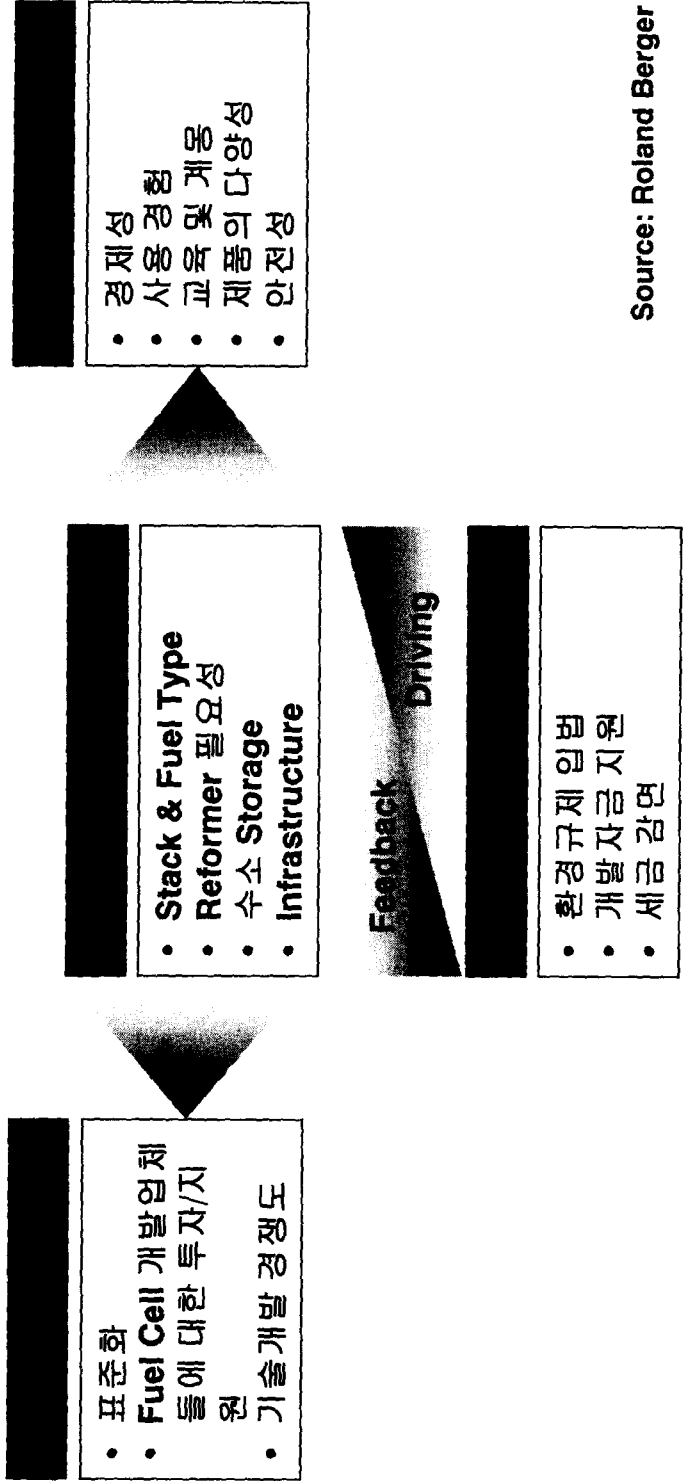
범용 연료를 연소시키지 않고 수소로 개질 후 산소와 반응을 통해서 직접 전기에너지를 얻을 수 있도록 연료변환장치와 스택 및 주변장치로 구성됨



# 연료전지 시장의 형성

## □ Fuel Cell 시장형성의 네 가지 주요변수

- 주요 변수는 정부규제 및 기술개발 속도이며 업계의 전략 및 소비자의 수용은 그에 따른 종속 변수
- Technology & Regulation Push > Market Pull



Source: Roland Berger

# 연료전지 시장의 특성

- 현재까지는 환경적인 측면의 규제에 의한 기술 개발 및 시장 형성
- 기술 완성도 제고에 따른 경제성이 확보 될 경우 폭발적인 성장가능성
- Automotive 시장
  - 연료/FP/Stack & System 등을 다양한 Player들이 협력체제로 기술을 개발하고 있음.  
(독자적인 개발에는 기술개발 목표달성의 어려움 및 투자비 문제로 Risk가 존재)
    - ✓ Auto Maker들을 중심으로 사업개발이 이루어 지고 있으며, Infra 문제때문에 Oil Co.들과 협력체계를 구축하는 측면이 강함.
  - 개발이후 Infra-structure 구축이 실용화의 관건임
- Stationary 시장
  - Fuel Cell은 열 병합(CHP) 분산발전System과 연계하여 급속한 시장개척이 이루어 질 것으로 전망됨
    - ✓ Fuel Cell은 Micro-turbine, sterling Engine 등과 경쟁 기술임.
  - Ballard, H-Power 등 Venture 및 중전기 회사들 중심으로 기술개발이 이루어 지고 있으며, Oil & Gas Company들이 Fuel Processor를 개발하여 협력체계를 구축하고 있음.
- Portable 시장
  - Portable computing / 무선통신의 급속한 보급에 따른 고출력 차세대 배터리 필요  
(기존 Ni전지의 한계, 막대한 잠재시장)

# Player 및 Customer Needs

Player Group	Needs	Activity
Customer	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 개인 및 NGO에 의한 청정에너지</li> <li>➢ 자동차의 경우 연료와 차량 가격 상승 회피</li> <li>➢ 저렴한 전력 및 열 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 경제적으로 활용 가능한 제품 개발 촉구</li> <li>➢ 실증 Data 요구</li> </ul>
Government	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 지구온난화 문제에 대한 세계적 대응, OECD등 국제적 압력 회피</li> <li>➢ 신기술 개발을 통한 기술패권 및 경제 부양</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 선진국을 중심으로 최적 Solution을 위한 다양한 시도</li> <li>➢ 범 국가적인 최적 연료전지 체계구축</li> </ul>
Auto Maker	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 선진국의 규제대응 및 연료전지 자동차 시범사업 참여를 통한 Market Cap 확대</li> <li>➢ 연료전지 도입에 의한 차량 가격상승 회피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ GSL/MeOH OBR FCV or H2 FCV 기술개발</li> </ul>
Oil & Gas Company	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 기존 사업영역의 수성을 위한 MeOH OBR FC의 등장 방지 → GSL OBR FC개발</li> <li>➢ LNG FP에 의한 Gas Station 사업 위축 방지</li> <li>➢ 대체에너지 분야의 분산발전 신규사업 개발을 통한 LNG 수요 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ GSL OBR 개발 참여</li> <li>➢ H2 Fueling System 개발 (기존의 Infra활용 / 주유소를 통한 새로운 Infra 구축)</li> <li>➢ LNG FP 개발</li> </ul>
Fuel Cell Maker	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Fuel Cell의 조기 시장 개방을 통한 수익 창출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 기술개발 선도/다양한 Partnering Model 추구</li> </ul>

# 주요 Player Bench Marking-Stationary

업체	주요 R&D Activity	개발 목표 및 Biz. Model	Partner
FuelCell Developer	Ballard	- PEM 전분야 개발 - System 업체와 제휴 - 업계 Leader 유지	D-C, Ford, FirstEnergy, ALSTOM, EBARA, Honda, Nissan, Yamaha, Volkswagen, Cinerogy, Coleman Powermate, Matsushita Electric
	H-Power	- Rural area 집중 - Relationship 강화 - 2005년 상업화 목표	Energy Co-Opportunity (ECO), Mitsui, Air Products & Chemicals, Osaka Gas, Gaz de France, PSA Peugeot Citroen, Ball Aerospace
Oil	Chevron Texaco	- Stationary에 집중.	
	BP	- 발전용 시장에 관심	Siemens Westinghouse, Ansaldo Fuel Cells
	Shell	- 발전용 시장에 관심	Siemens Westinghouse, Kvaener
Gas	Osaka gas	- FP기술 바탕으로 System업체와 제휴 - 2004년 개발목표	H-Power, Sud-Chemie, Mistui, Sanyo Electric, Ebara Ballard
	Tokyo gas	- FP기술 바탕으로 System업체와 제휴 - 2004년 개발목표	Ebara Ballard

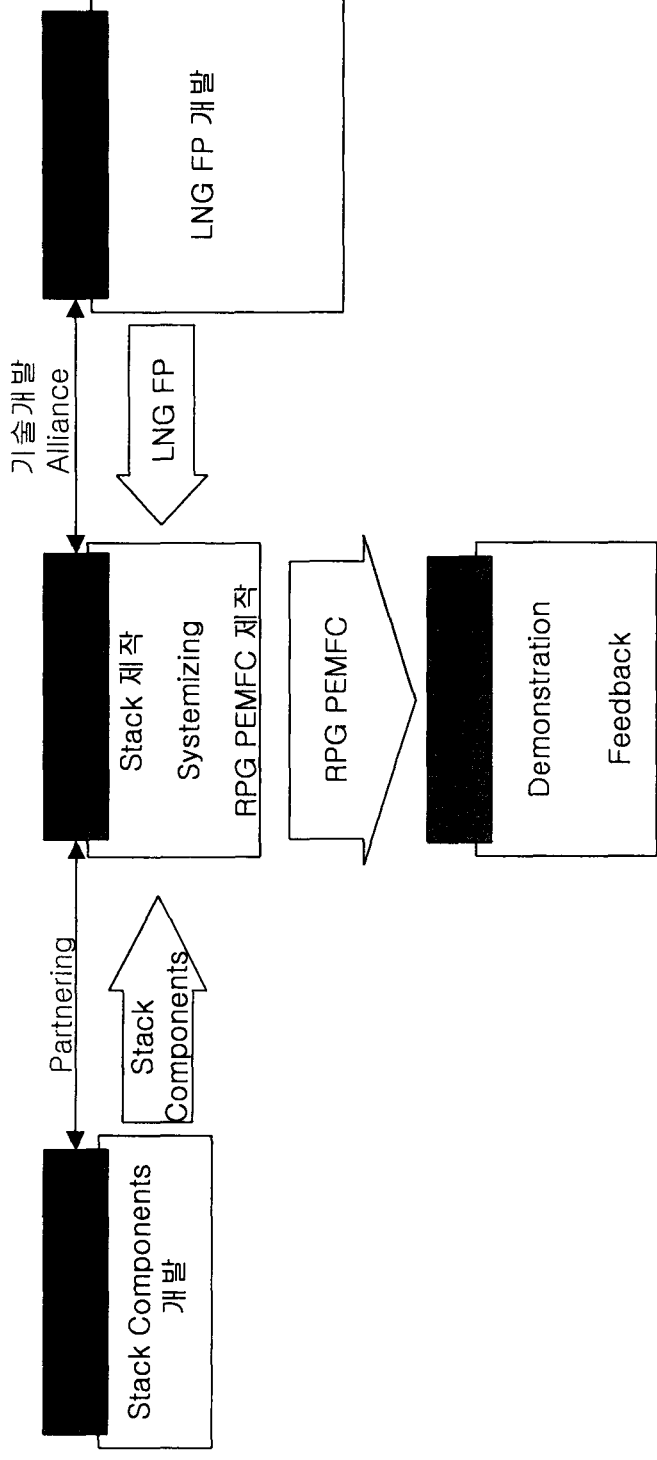
# 주요 Player Bench Marking-Automotive

업체	주요 R&D Activity	개발 목표 및 Biz. Model	Partner
Motor	General Motors	- <b>GSL On-Board FCV</b> - H2 FCV	Toyota, Suzuki, Exxonmobil, BP, Chevron Texaco, General Hydrogen, Quantum
	Daimler Chrysler	- <b>MeOH On-Board FCV</b> - H2 FCV	Ford, Mazda, Excellis Ballard, Ecostar, BASF, BP, Methanex, Statoil, CaFCP, Shell, Nippon Mitsubishi Oil
Oil	Exxon Mobil	- <b>GSL for FCV</b> - <b>GSL Fuel Processor</b>	GM, Toyota, Ford, CaFCP
	Chevron Texaco	- <b>Low S GSL for FCV</b> - <b>GSL Fuel Processor</b>	GM, Toyota, CaFCP, Texaco ovonic Battery systems
	BP	- <b>MeOH/GSL for FCV</b> - <b>H2 Refueling station</b>	D-C, GM, BMW, CaFCP
	Shell	- <b>GSL Fuel Processor</b> - <b>H2 Refueling station</b>	D-C, Excellis, UTC CaFCP, Chrysalix, HERA
	Nippon Mitsubishi Oil	- <b>Naph Fuel Processor</b> - H2 Refueling station	D-C, Mazda, Mitsubishi motor Methanex



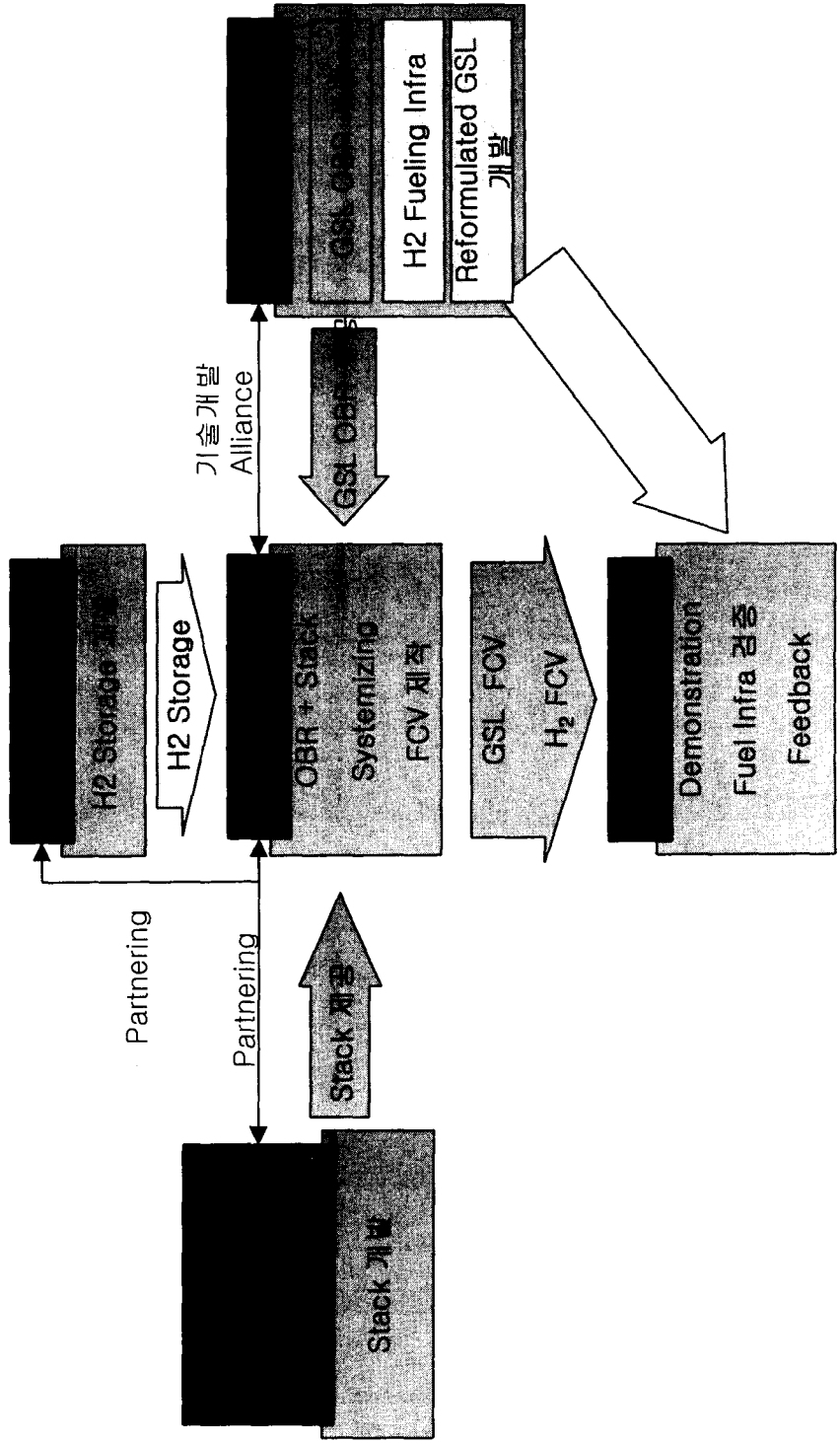
# 기술개발 및 사업모델 BM - Stationary

- 초기시장이 RPG에 집중될 것으로 전망하고 있음.
  - ▶ RPG용 LNG FP + Stack 개발에 주력
- 다수의 Player들이 Partnering 또는 Alliance 체제로 기술개발 중.
  - ▶ Gas & Oil Company는 연료공급을 위한 Alliance를 추구하고 FP개발에 주력

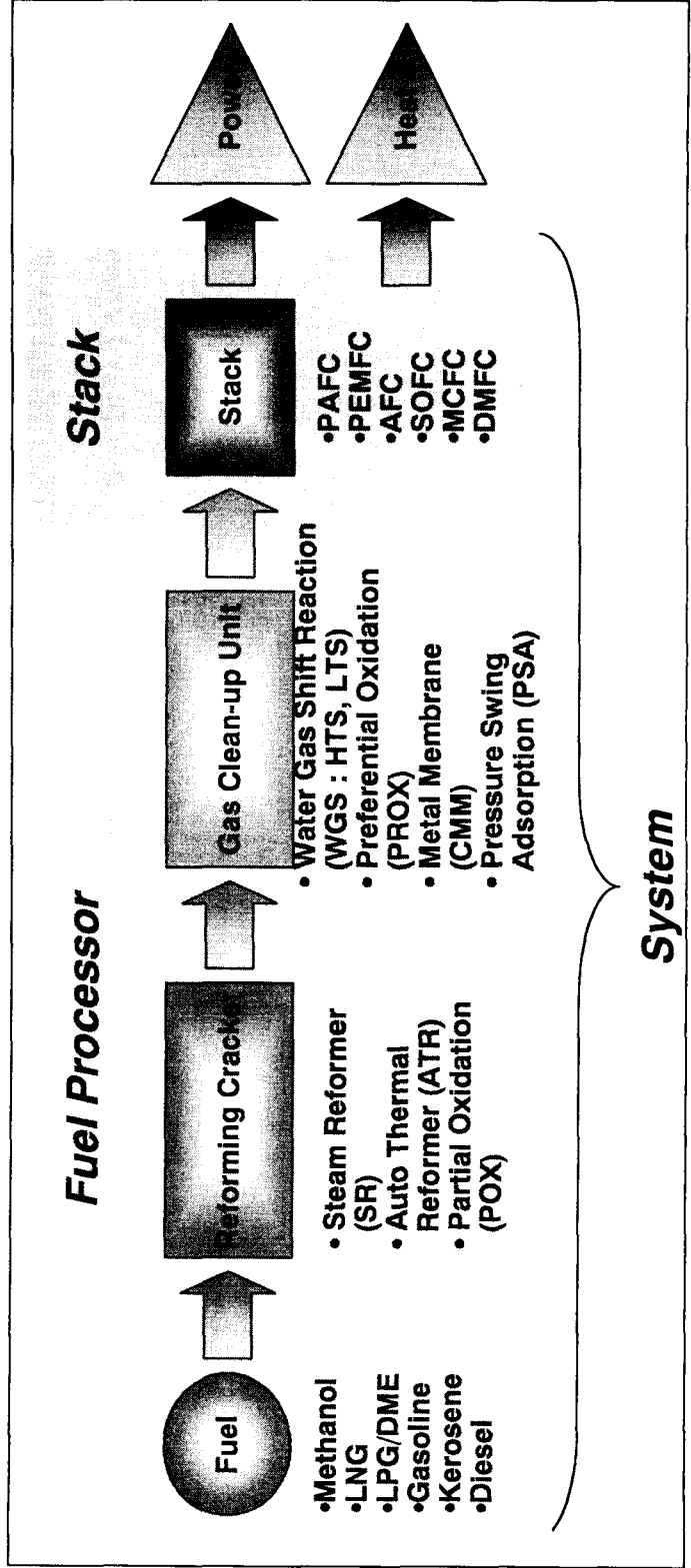
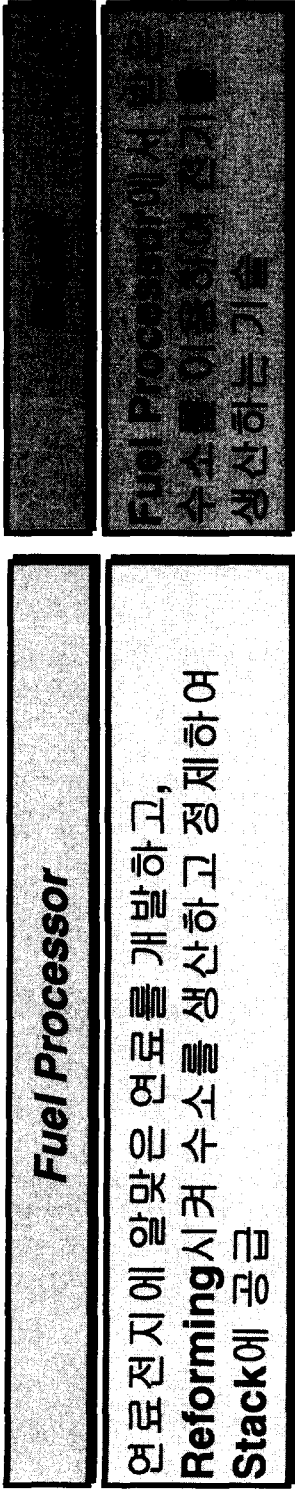


# 기술개발 및 사업모델 BM - Automotive

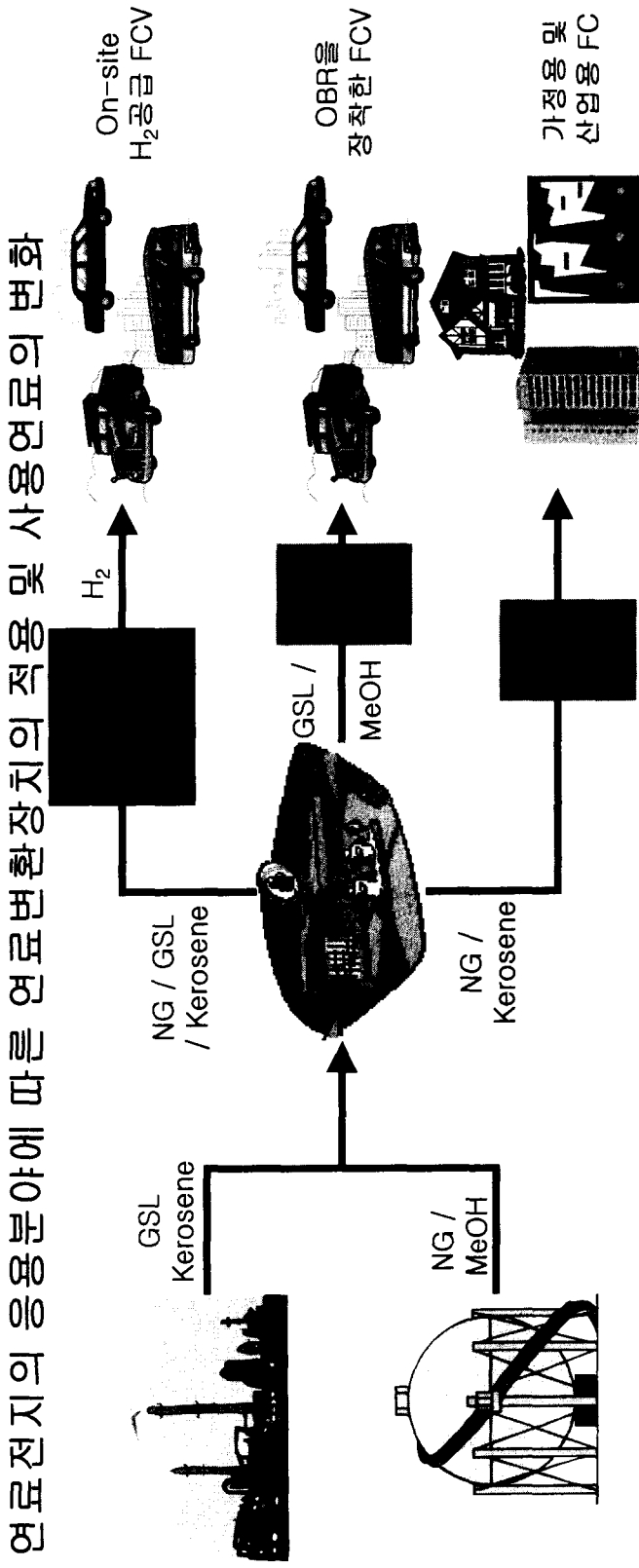
- 자동차 회사를 중심으로 다양한 시도가 이루어 지고 있음.
  - ▶ GSL(MeOH) FCV, H2 FCV
- 다수의 Player들이 Partnering 또는 Alliance 체제로 기술개발 중.
  - ▶ Gas & Oil Company는 자동차 회사와의 Alliance가 필수적인 것으로 판단 됨



# 연료전지와 연료변환장치의 관계



# 연료전지용 연료변환장치의 활용



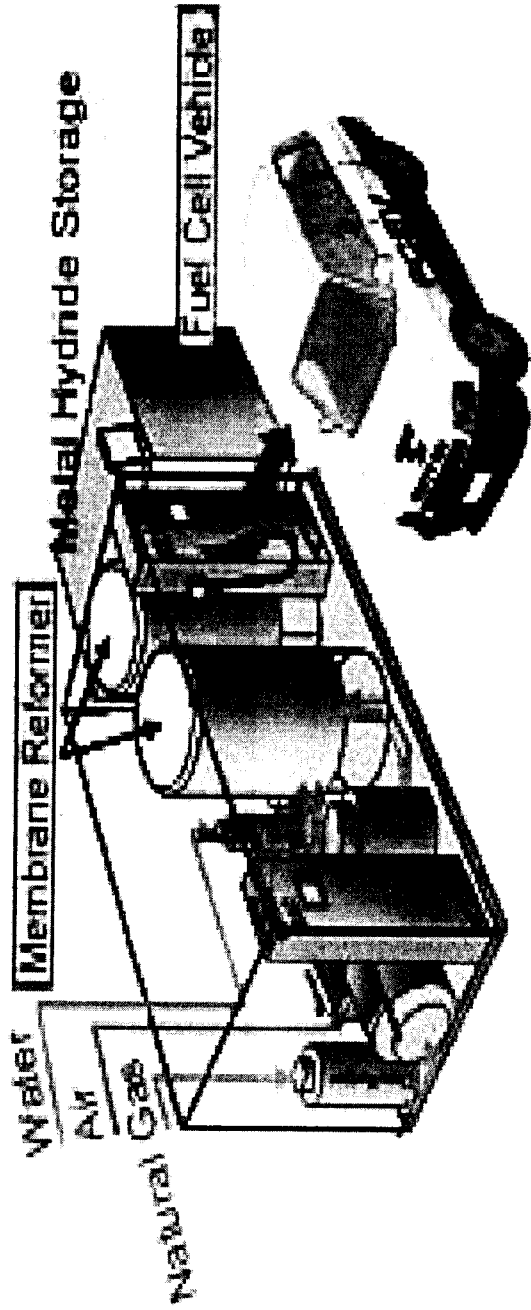
연료전지의 응용분야에 따라 연료변환장치의 기술개발 수준, 경제성 및 안정성 등을 고려하여 연료가 결정될 것으로 예상됨.

- ✓ On-site 수소 공급 FCV → 수급과 경제성에 따라 수소 제조 연료가 결정됨.
- ✓ OBR (On-Board Reformer) 장착 FCV → 기존 주유소에서 GSL 또는 MeOH 공급.
- ✓ 가정용 및 산업용의 FC → NG가 지배적이거나 NG의 인프라 구축 여부에 따라 액체연료도 가능.

# 연료변환장치의 활용 - Hydrogen Refueling Station by Tokyo gas

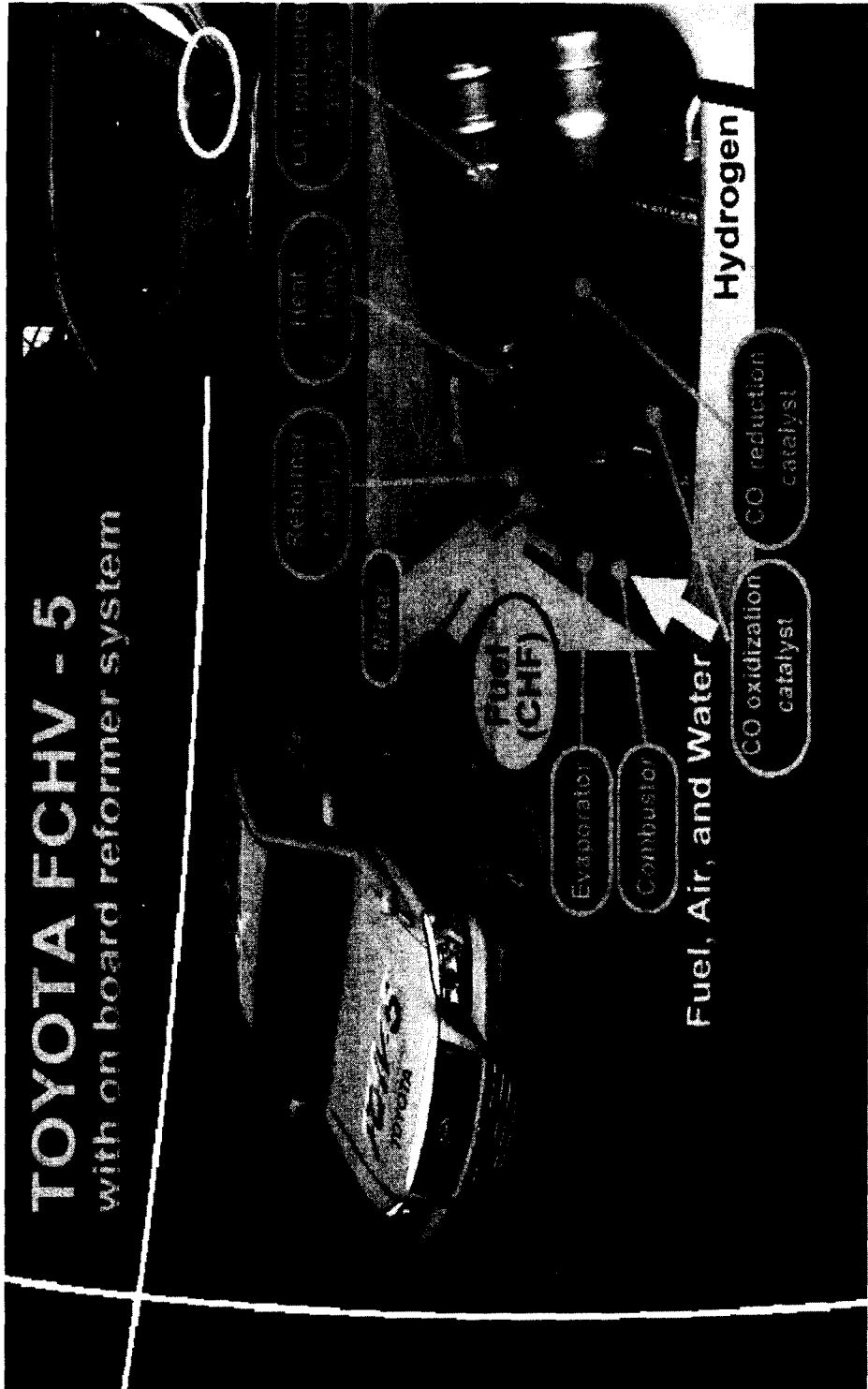
---

*Hydrogen Refueling Station by Natural Gas*



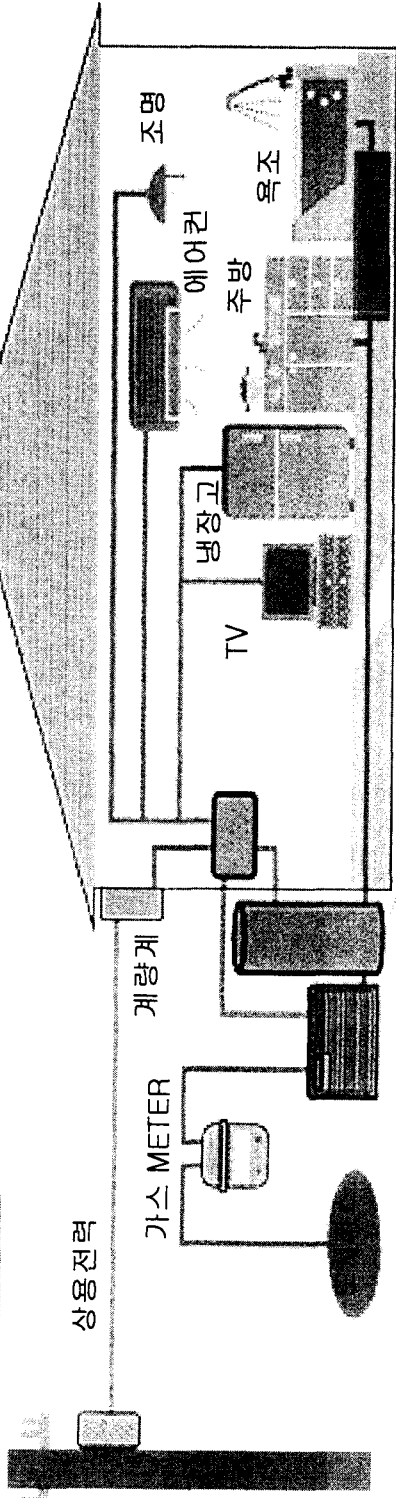
- ▲ **Image of hydrogen refueling station**  
Fuel cell vehicles can be supplied with hydrogen produced from natural gas at a hydrogen refueling station.

# 연료변환장치의 활용 - Toyota's OBR FCV

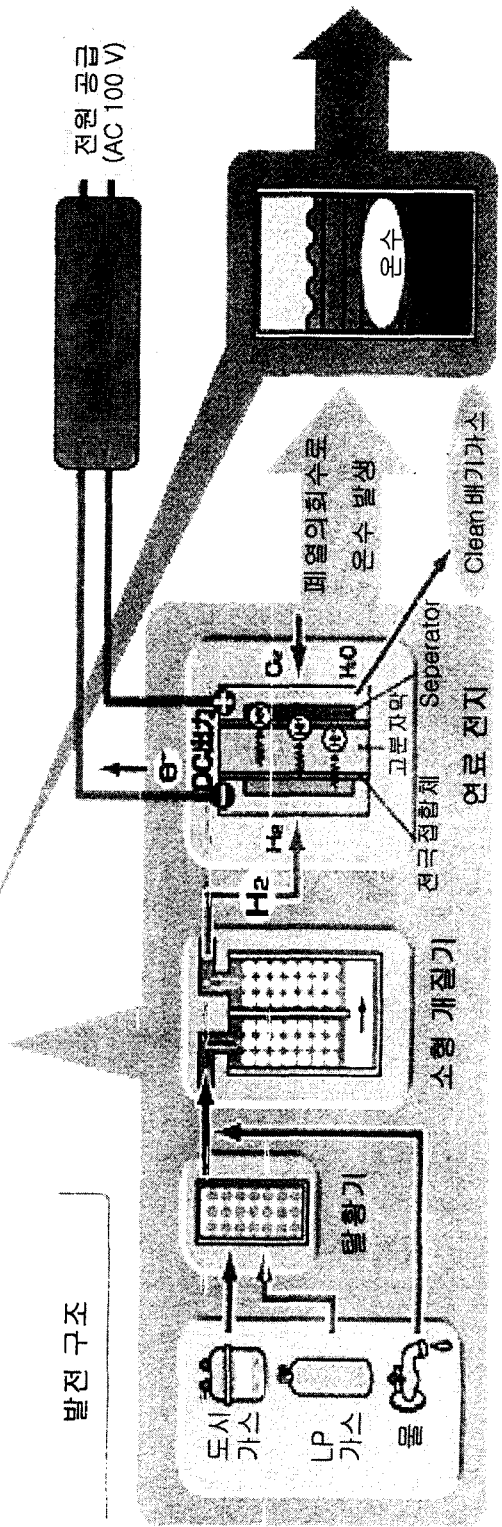


# 연료변환장치의 활용 - Typical RPG System

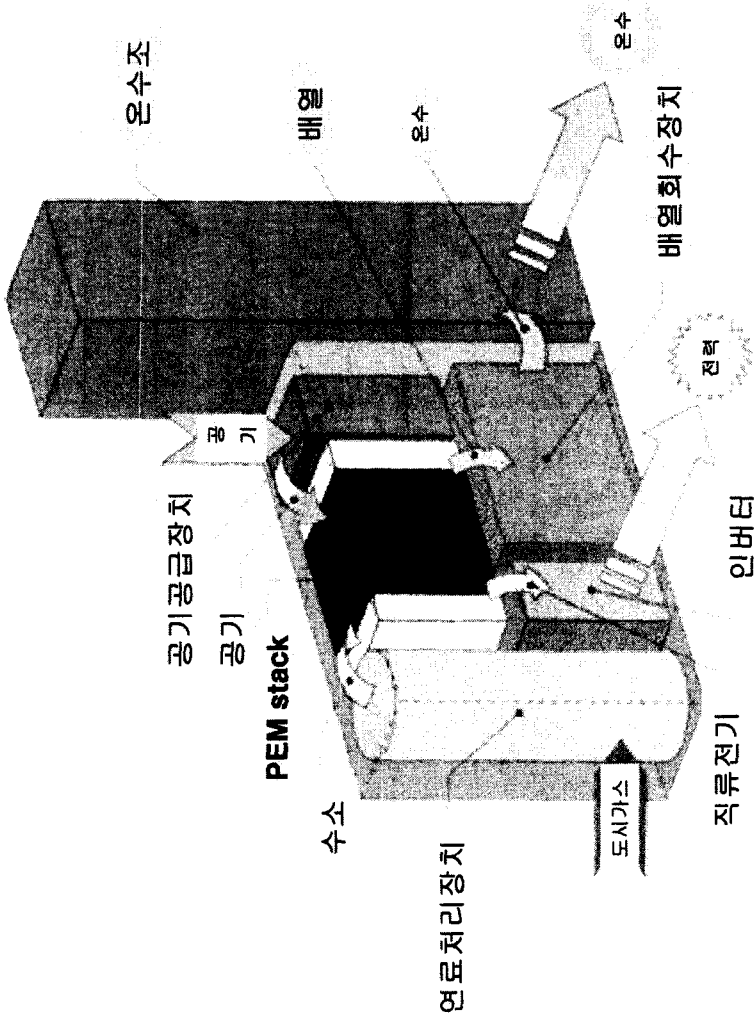
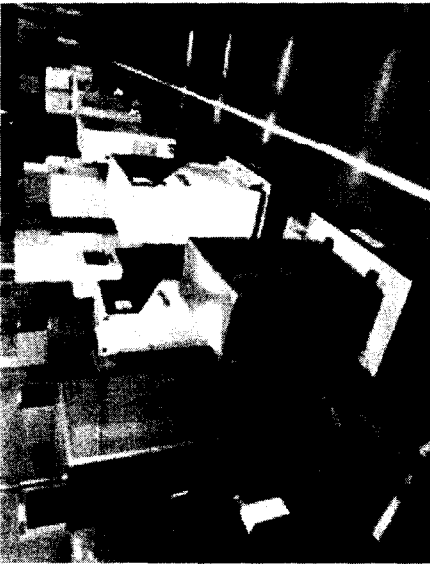
SYSTEM의 개념도



발전 구조



# 연료변환장치의 활용 - Tokyo Gas's RPG



1kW급 RPG의 기대 효율 (HHV base)

AC 송전 효율	31%
연료처리 효율	80%
DC 발전 효율	47%
보조 기기 효율	91%
인버터 효율	90%
배열 회수 효율	40%
종합 효율	71%

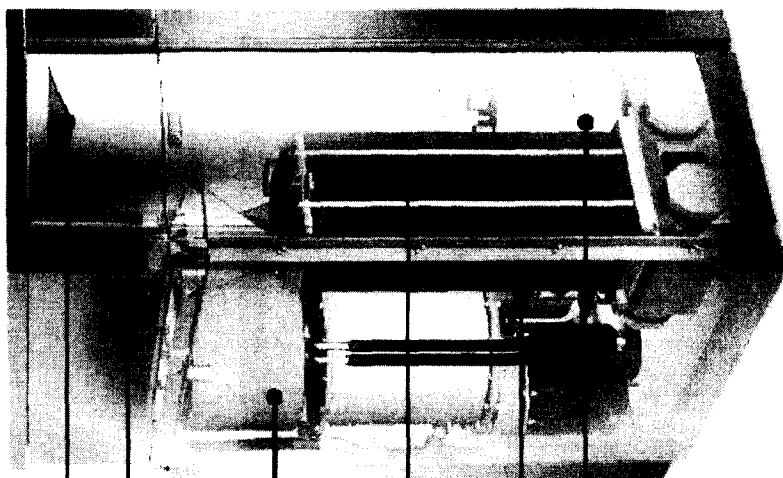


# 연료변환장치의 활용 – Vaillant's RPG



■ ■ ■ Funktion des BZH

## Demonstrationsanlage 2001



Regelung, Interface

Wechselrichter

Reformer

Brennstoffzellen-Stack

Entschwefelung

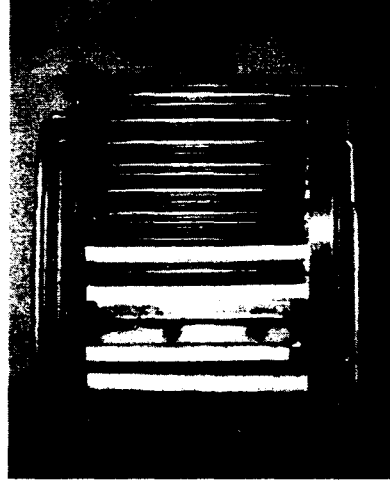
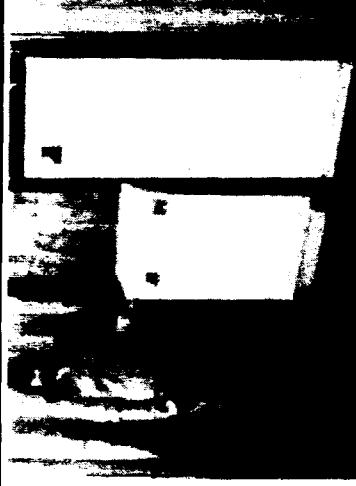
Membran-  
Befeuchtung

1 - 4,6 kW<sub>el</sub> netzparallel  
1,5 - 7 kW<sub>th</sub> plus ca. 25-50kW<sub>t</sub>  
Mehrfamilienhaus, Kleingewerb  
> 35 % El. Nettowirkungsgrad  
> 80 % Gesamtwirkungsgrad

# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Osaka Gas

Specification of fuel processor

Fuel	Natural gas
Process	Steam reforming
Thermal Efficiency (LHV)	77%(1kW), 75%(500W)
Steam to carbon ratio	S/C = 2.5
CO selective Oxidation rate	O <sub>2</sub> /CO = 1.5
Methane conversion	92%
CO in product gas	Less than 10 ppm
Pressure Drop	Less than 500mmAq
Life time	90,000hours
Times of cold start up	200times
Operation	Monthly start and stop
Cost	Within ₩50,000 (1kW)



SIZE : 280WX480LX400H

Fuel Processor for 1kW PEFC

- 촉매, 탈황: Cu계, 개질: Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>계, 연소: Pt계, WGS: Cu-Zn계, PROX: Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>계
- 효율목표, 발전 : 35%, 배열 : 35%, 배열온도 : 70°C

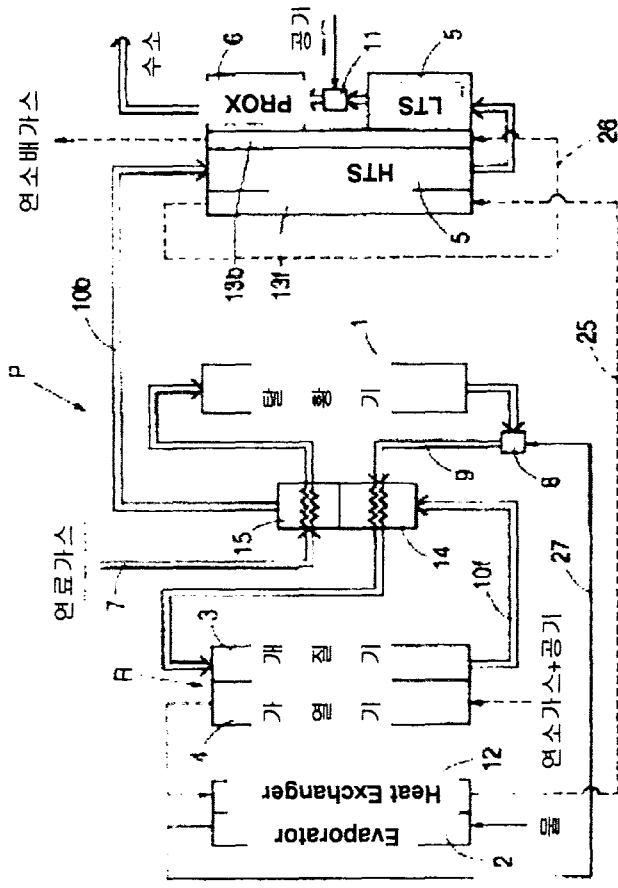
# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Osaka Gas

## Fuel Processor

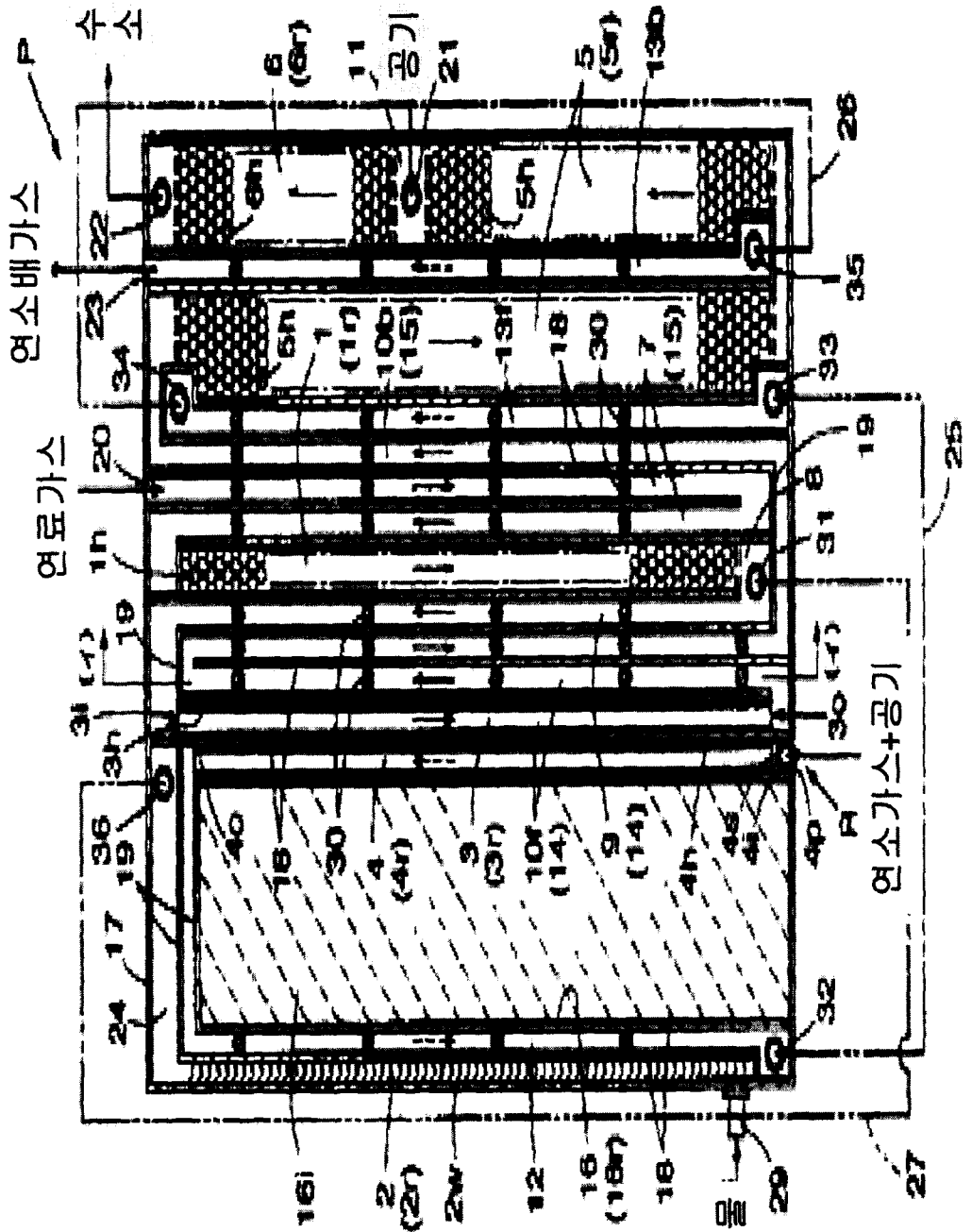
- JP2000159502 - Plate H/E type Reformer
- 소형화, 기동시간의 단축화, 에너지 효율의 향상

- 개질기내에 촉매의 지지체 설치, 개질기를 외부에서 가열, 촉매지지체 : **honeycomb type**  
→ reformate가 여러경로로 통과
- 개질기 및 연소기의 지지체 : **plate type**
- 개질기 및 연소기가 분리벽을 사이에 두고 일체형
- 개질촉매 : Ru계(성능, 내구성 우수)

- **Honeycomb type**의 촉매지지체 : 금속판등의 얇고 열전도가 좋은 재료, 단면형태 : 파형, 침상형, 요철형등 다양



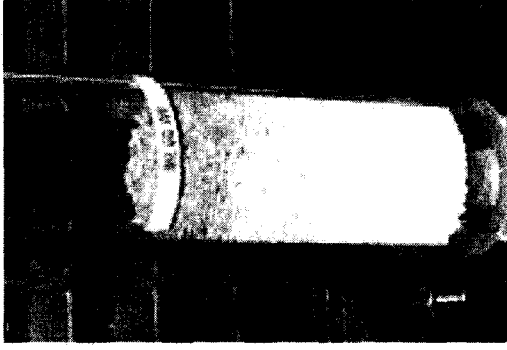
# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Osaka Gas



# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Tokyo Gas

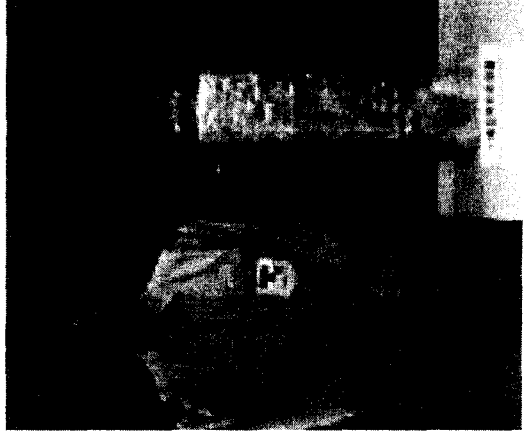
## Desulfurizer

- 유황 제거능력이 우수 : 기존제품의 성능보다 5배 이상.
- 상온 사용이 가능
- 기동성, 조작성이 우수 → 장치 **cost** 저감이 가능
- **Indicator** 기능 : 유황성분의 제거에 따라 탈황제의 색깔이 오렌지색으로 변함.  
→ 탈황제의 교환시기를 쉽게 판단할 수 있음.



## 1kW급 Reformer - 일체형

- 고효율화 및 소형화에 성공
- 수증기발생기, **SR, WGS, PROX**를 일체화
- 열효율 : 90% (HHV 기준)
- **Size: 18.8 liters (Ø200mm X H600mm, 보온재 포함)**
- **Composition of reformed gas: H<sub>2</sub>- 75%(dry base) CO 7ppm**

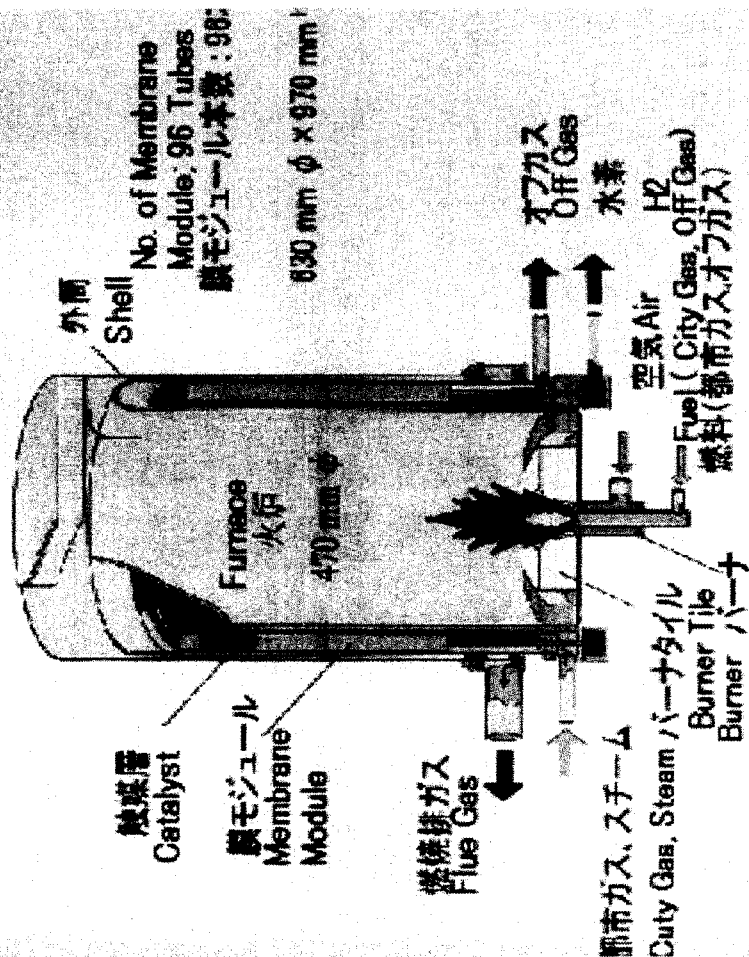


# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Tokyo Gas

## Membrane Reformer 개발

- 특허출원 : JP9002801  
with Mitsubishi 중공업
- 특징 : Pd alloy membrane사용  
(96개 tube), Burner사용,  
WGS 없음.
- Performance Data
- 수소생산량 : 13.8 Nm<sup>3</sup>/hr
- 수소 순도 : 99.999%
- Conversion : 55%
- Feed : City gas 8.3 Nm<sup>3</sup>/hr  
(CH<sub>4</sub>:88.5%, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>:4.6%,  
C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>:5.4%, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>:1.5%)
- 크기 : 630mm(D) X 970 mm(H)
- 작동압력 : 0.84 Mpa
- 생산압력 : 0.1 Mpa
- 운전내구성 : 30회 Start-up,  
1000시간 연속운전

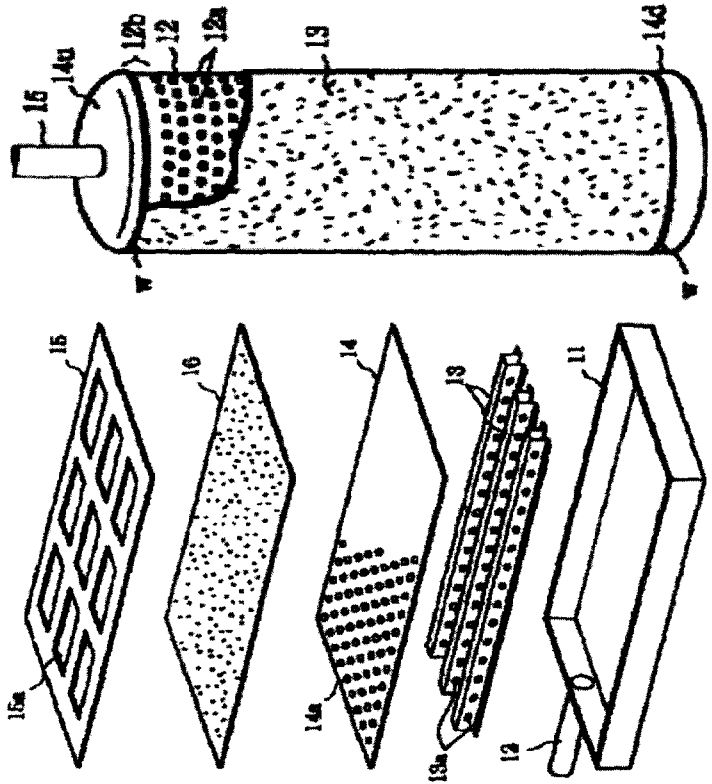
## 水素分離型改質器の構造 Steam Reformer with Palladium Membrane



# 연료변환장치의 기술개발 동향 - Tokyo Gas

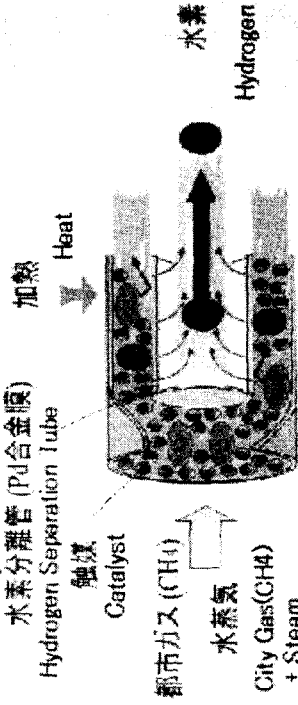
## Membrane Reformer 개발

- 특허출원 : JP2002012409, JP2002012410 with Nissin steel,
- 특징 : Pd membrane - 상자형, 원통형.



## 水素分離型改質器の原理

The Principal of Steam Reformer with Paradium Membrane



水蒸気改質反応 (Steam Reforming Reaction)



CO変成反応 (CO Conversion) 分離 Separation



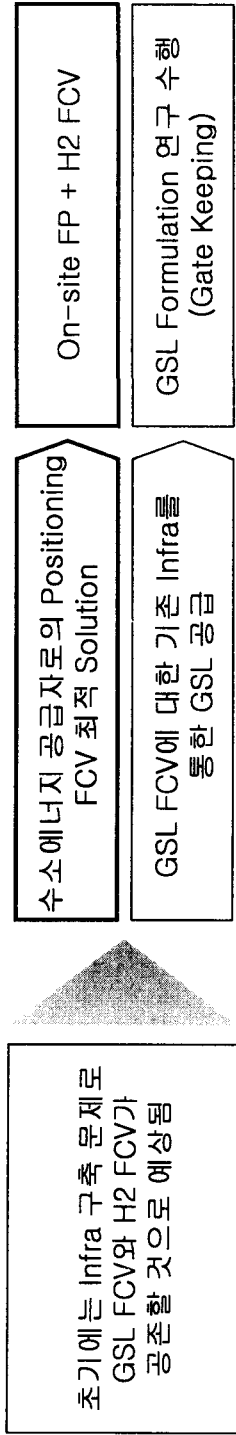
分離 Separation

# 연료변환장치의 기술개발 동향 - 국내

Player	추진 실적 및 현황	중점 추진 분야
한국가스공사	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 5 kW급 평판형 Fuel Processor 개발 완료</li> <li>➢ Scale-up 준비 중</li> <li>➢ 자사의 제품 수요 확대 목적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Plate type LNG Fuel Processor</li> </ul>
KIST	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ GSL ATR, WGS, PROX 촉매 및 반응기 개발</li> <li>➢ MCFC용 개질기 개발</li> <li>➢ 정부과제 및 공동연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ GSL POX용 촉매</li> <li>➢ PROX용 촉매</li> </ul>
KIER	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ GSL ATR, LNG Fuel Processor prototype 개발 (H<sub>2</sub>, 7 Nm<sup>3</sup>/h급, α, β, β+ type)</li> <li>➢ 정부과제 및 공동연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 일체형 RPG system 구축</li> </ul>
SK	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 고순도 수소제조장치 (UHP), MeOH OBR, GSL OBR</li> <li>➢ LNG Fuel Processor 촉매 및 반응기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ LNG RPG</li> <li>➢ H<sub>2</sub> 공급 station</li> </ul>
대학	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 고려대, 경북대 등 공동연구를 수행하면서 착수</li> <li>➢ SR, WGS, PROX 등 각 반응별 촉매 및 기초연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>



# 수송용 연료전지에서의 연료변환장치 (On-board인가? On-Site인가)



구분	장점	단점	비고
GSL OBR + PEMFC (GSL FCV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 추가적인 Infra 필요 없음</li> <li>□ Fuel Flexibility를 추구 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 경제성 있는 기술 완성의 어려움</li> <li>□ 차량무게/가격의 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ GM 등 규모가 큰 회사에서 Portfolio 차원에서 연구 수행 중이나 기술완성에는 의문이 있음</li> <li>□ 기술이 완성되어 시장에 나오는 경우에도 기존의 Infra에서 GSL을 공급하면 됨</li> </ul>
MeOH OBR+ PEMFC (MeOH FCV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ OBR 기술완성이 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 경제성 확보의 어려움</li> <li>□ 차량 무게/가격의 증가</li> <li>□ MeOH 공급을 위한 공장 증설 및 Infra 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ D-C 등 규모가 큰 회사에서 Portfolio 차원에서 연구 수행 중이나 기술완성과 Infra 측면에서의 경제성에 의문이 있음</li> </ul>
On-site FP + PEMFC (H2 FCV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기술확보 용이</li> <li>□ 장기적인 측면에서 최적의 Solution</li> <li>□ 효율 및 Emission Control 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ H2 공급을 위한 Infra 필요</li> <li>→ 상용화 연기 가능성</li> <li>□ 수소 저장 등의 추가기술 개발 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기존 주유소 Infra를 활용한 수소에너지 공급자로의 Position에 유리</li> <li>□ 장기적인 면에서 CHP와 연계 시 Synergy 기대</li> </ul>

# SK의 기술 개발 현황

## □ SK의 Fuel Cell R&D History 및 확보역량

- 10여년간의 연구 및 사업개발을 통해 충분한 연구 역량 개발
- 다양한 기술 경험 및 확보

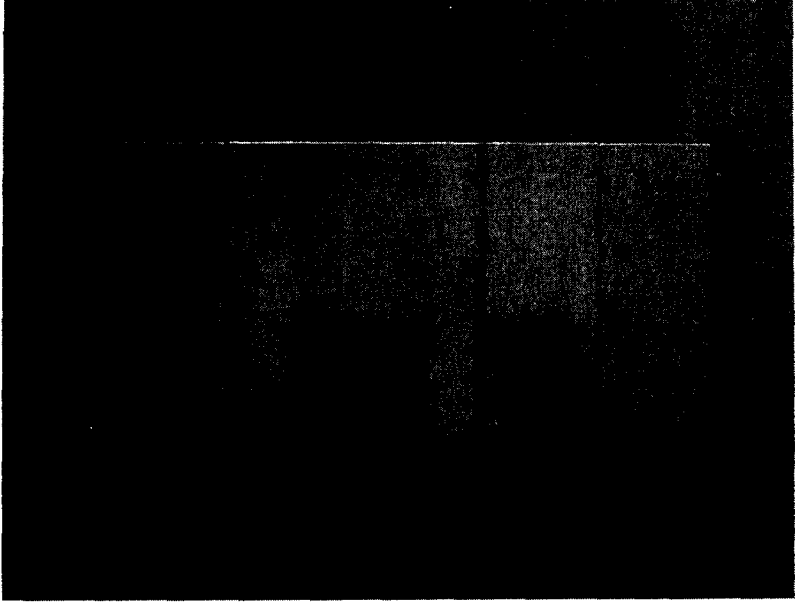
기간	SK Activity	확보 역량
Basic R&D 및 LNG Reformer 개발 (1993~1995)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 국책과제를 통한 PAFC용 LNG Reformer 개발</li> <li>➢ 가스공사, LG-Caltex정유와 함께 40kW급 PAFC System 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 개질기 관련 기초역량 경험</li> </ul>
연료 전지용 Hydrogen Generator 개발 (1997~1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 다양한 Feed(MeOH, LNG, LPG)를 활용한 연료전지 연구용 H2 Generator 개발 및 판매</li> <li>➢ Steam Reforming 및 PSA 방식 적용</li> <li>➢ 용량 : 5~10Nm<sup>3</sup>/h급</li> <li>➢ 납품 : 가스공사, 전력연구원, 삼성 엔지니어링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ MeOH(10Nm<sup>3</sup>/h), LNG(5Nm<sup>3</sup>/h) 기술 Package 보유</li> <li>➢ 소형 LNG 수소발생장치 미국 특허 확보</li> <li>➢ 확보 기술 : SR(MeOH, LNG, LPG), PSA</li> </ul>
연료전지 자동차용 On-Board Reformer 개발 (1999~2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 국책과제를 통한 연료전지 자동차용 OBR개발</li> <li>➢ MeOH Fuel Processor 2kW → 10kW → 25kW급 Scale up 현대자동차와 Integration 및 실차 Demo</li> <li>➢ GSL Fuel Processor 개발 1kW → 10kW → 25kW급 Scale up &amp; Integration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ CMM 해외특허 2건 : 1건 등록, 1건 출원</li> <li>➢ 확보기술 : ATR(GSL), CMM, PROX</li> <li>➢ FCV 관련 국내 Networking : 현대자동차, KIST, KIER 등</li> </ul>
UHP 수소발생장치 개발 (2000~2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Metal Membrane 기술을 활용한 고순도 수소제조장치 개발 및 상업화 시도</li> <li>➢ 장기 내구성 미 확보로 상업화는 실패, 재료 개발업체와 Alliance를 통해 Cost Down 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ UHP(10Nm<sup>3</sup>/h) 기술 Package 보유</li> <li>➢ H2 Fueling station Basis 확보</li> </ul>

## Recent Achievements in SK

---

- **G7 Project (1998. 11. ~ 2002. 10)**
  - Coordination with Hyundai Motors
  - Cooperation with KIST, KIER, Korea Univ.
  
- **SK Project (2000.4. ~ current)**
  - Hydrogen Technology Project
  - Fuel Cell Project
  - Cooperation with KAIST, Yonsei Univ.

- Steam Reforming + Metal Membrane**
- Specifications**
  - **Feed : Methanol**
  - **Capacity : 10 Nm<sup>3</sup>/hr**
  - **H<sub>2</sub> Purity : 99.9995 % or better**
  - **Thermal Efficiency : 82 %**
- Ready for Commercialization**
- Continuing Studies**
  - **Feed change to natural gas**
  - **Use of advanced CMM**



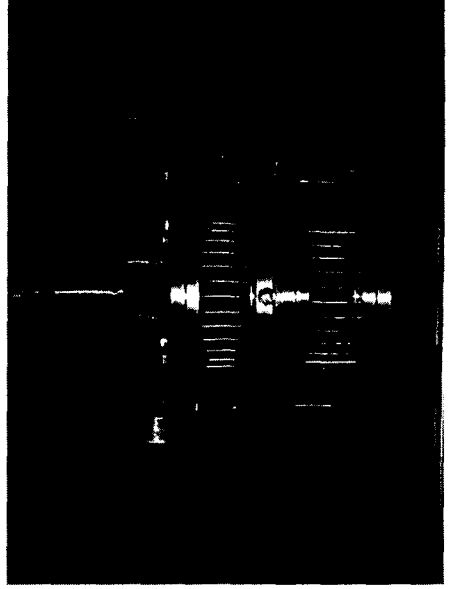
## Recent Achievements in SK

## Methanol OBR

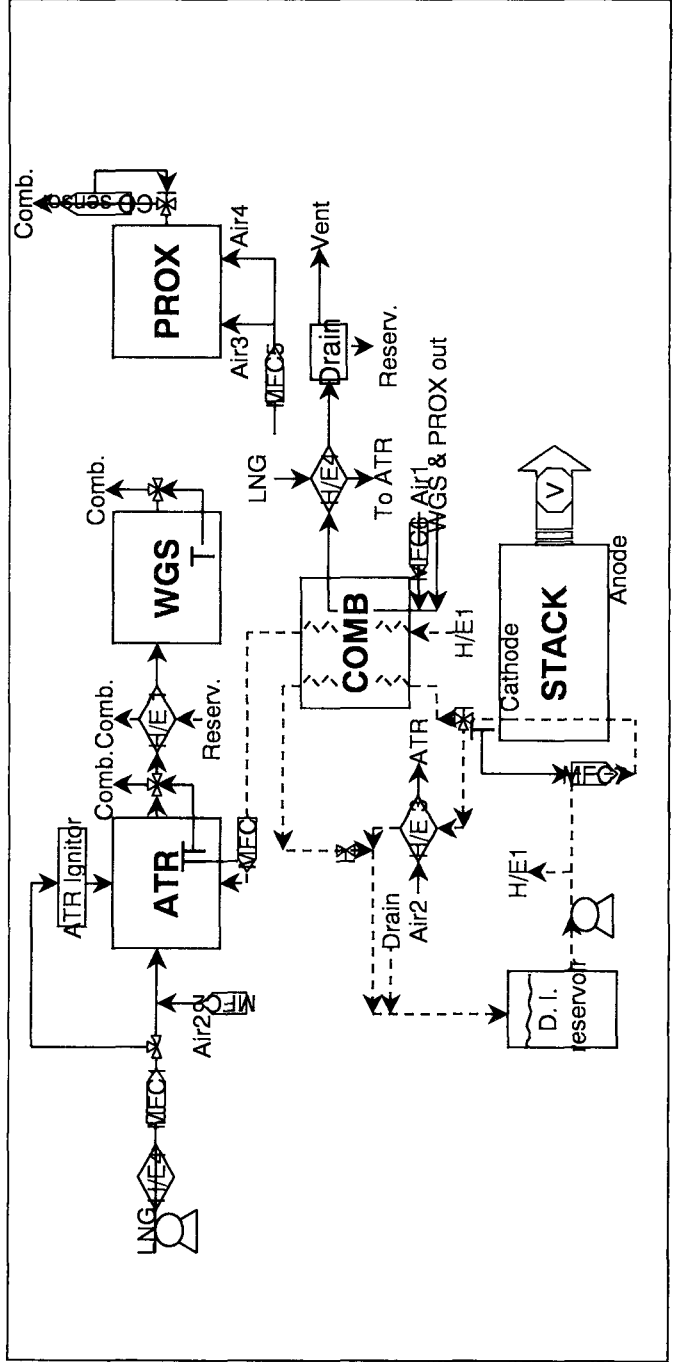
- Steam Reforming + Metal Membrane**
- Specifications**
  - Feed : Methanol
  - Capacity : 25 Nm<sup>3</sup>/hr
  - H<sub>2</sub> Purity : > 99.9995 %
  - CO Content : < 1 ppm
- Continuing Works**
  - Integration into Hyundai's FCV
  - Road test



- Autothermal Reforming + Preferential Oxidation
- Specifications
  - Feed : Simulated Gasoline
  - Capacity : 10 KW
  - H<sub>2</sub> Purity : 35%
  - CO Content : < 10 ppm



- ❑ 2kW system construction under progress
- ❑ Target Market : Baseload home power  
Back-up power for data center  
Remote telecommunication post



## 연료변환장치의 기술적 Issues

---

- Which fuel ? LNG, MeOH, LPG, Gasoline, Diesel
- Which reforming reaction ? SR, POX, ATR
- Which CO clean-up? PROX, MM, PSA
- SR, ATR : 물의 증발 효율 및 mixing
- 열전달 효율
- 각 반응 별 촉매 활성, 선택성, 수명
- Compactness
- Cost



## Summary

---

- 연료전지 시장은 기술의 경쟁력 확보에 따라 Market Potential이 큰 사업 분야임.
- 연료전지 사업이 활성화 되기 위해서는 경제성과 안전성의 문제 때문에 연료전지용 연료변환장치의 기술개발이 필수적임.
- 연료변환장치의 활용 분야에 따라 적정 연료, 적정 촉매 선정 및 열전달 효율을 극대화 하는 반응기 설계 필요.
- 연료전지 자동차의 경우 기술의 난이도 때문에 궁극적으로는 On-board fuel processor보다 On-site fuel processor에 의한 수소 공급 station의 형태가 바람직함.
- 정부주도하에 조직적이고 체계적인 연구개발 필요.