

충남의 신재생에너지 발전방안 모색 workshop

연료전지의 개발현황 및 방향

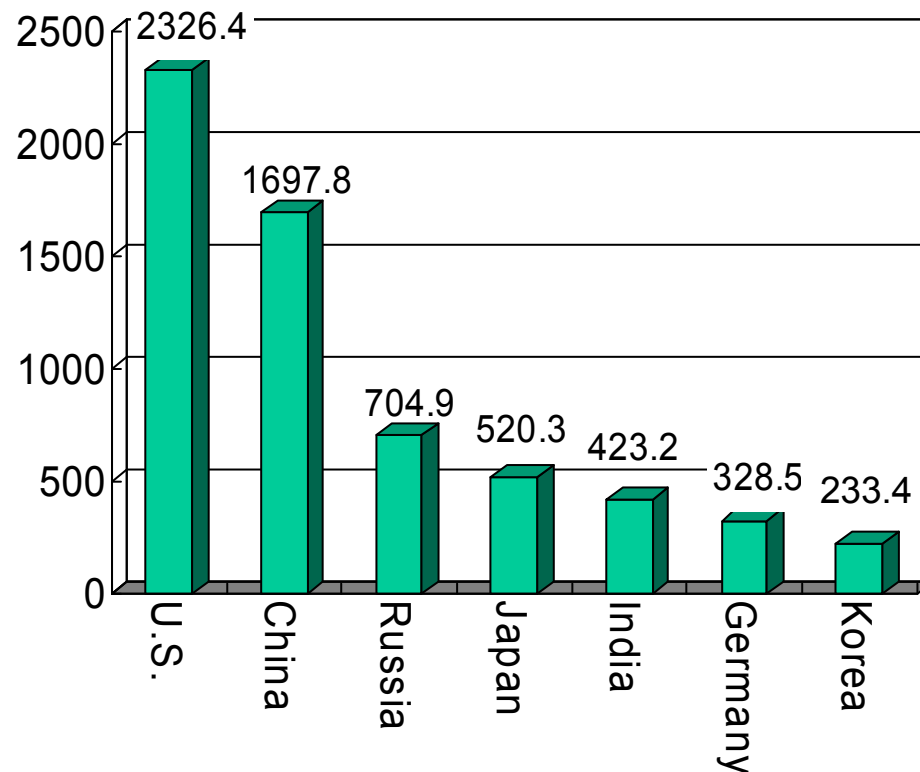
2008. 11. 19,
유성, 리베라 호텔

Korea Institute of Energy Research
Advanced Fuel Cell Research Center

정 두 환

Korea's Energy Status by Major Indicators (2006)

- **Primary Energy Consumption : 10th** (233.4 million TOE)
- **Petroleum Consumption : 7th** (101.8 million TOE)



[Primary Energy Consumption]

Rank	Primary Energy	Petroleum
1	USA	USA
2	China	China
3	Russia	Japan
4	Japan	Russia
5	India	Germany
6	Germany	India
7	Canada	Korea(2.8%)
8	France	Canada
9	UK	Mexico
10	Korea(2.1%)	France

국내에너지 현황

- ✓ 세계 10대 에너지 소비국(229.3 MTOE)
- ✓ 세계 5위 석유 수입국
- ✓ 세계 2위 천연가스 수입국

주요에너지 수입 현황

- 석유, 천연가스, 석탄
- \$66.7 조원
- 국내 총 수입액의 25.5%

- ✓ 높은 해외 의존도 (97 %)
- ✓ 석유 의존도 (77 %)
- ✓ 중동 의존도 (77 %)
- ✓ 독점 공기업 의한 비효율성
- ✓ 환경 문제와 조화 소홀
- ✓ 에너지 多 消費形 산업구조/ 소비구조
- ✓ 총 수입액 중 에너지수입액 비중(%) 추이

('00)23.6 → ('01)24.0 → ('02)22.1 → ('03)21.4 → ('04)22.1 → ('05)25.5



에너지 소비

- 석탄: 84 MT
- 석유: 761 M bbl
- LNG: 23 MT
- 원자력: 147 TWh

전력생산

- 수력: 1.7 %
- 원자력: 39 %
- 석탄: 38 %
- 석유: 8 %
- 가스: 13 %

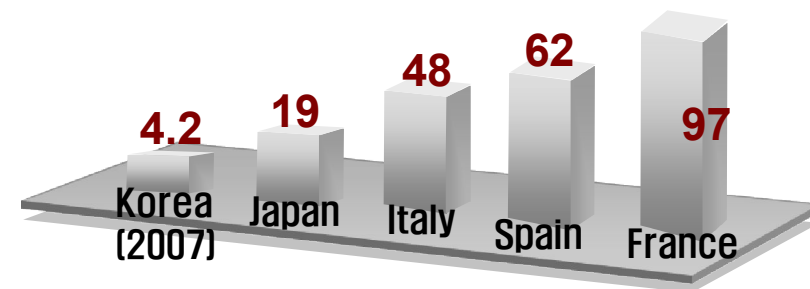
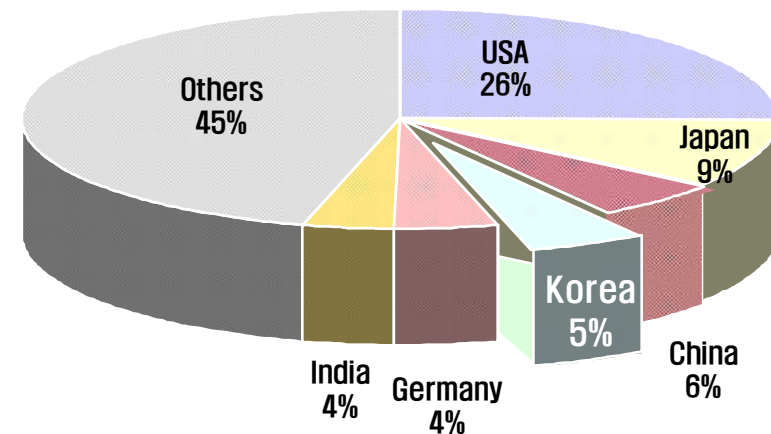
Major Energy Indicators

Overseas Dependence

	2000	2004	2005	2006	2007
Dependence (%)	97.2	96.7	96.8	96.5	96.6
Import amount (Billion USD)	37.6	49.6	66.7	85.6	95.0

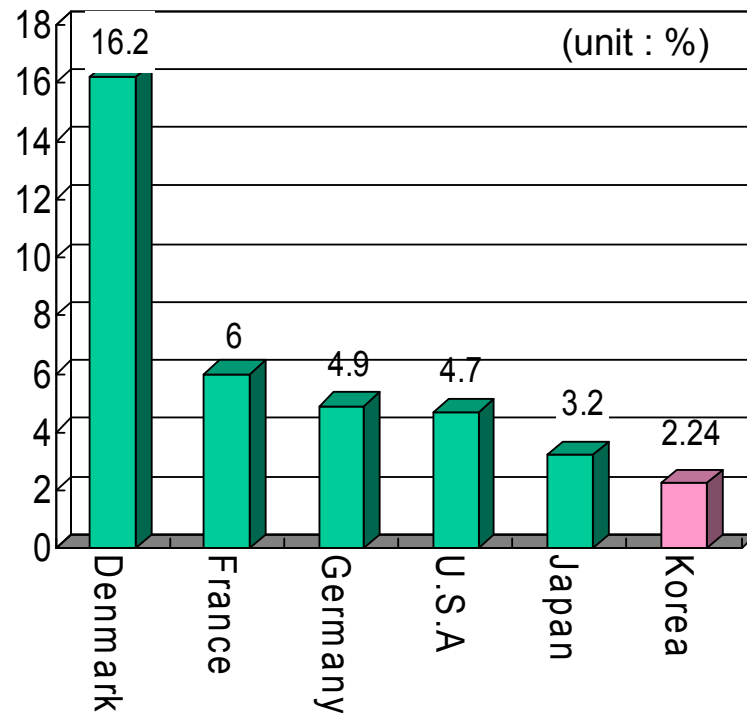
- Overseas Dependence : 96.6% (2007)
- Import Amount : 95 Billion USD (2007)
- Crude Oil Import : 4th (875 Million Bbl, 2007)
- Energy Production (Oil, Gas) : 4.2% (2006)

<Crude Oil Import>



Independent Rate in Crude Oil and Gas(%, '06)

Renewable Energy Supply in Korea



※ Source : IEA 2007

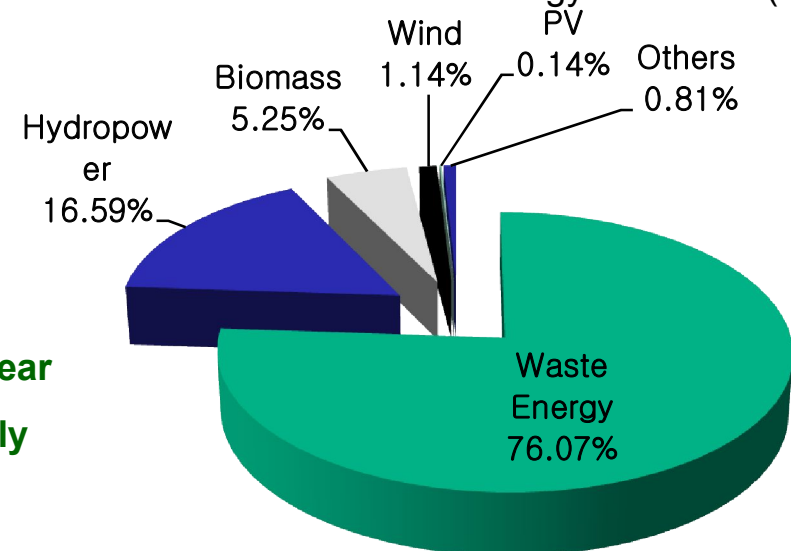
(Korea: '06 Data, the Others: '05 Data)

- Renewable Energy Potential : 11.3 Billion TOE/year
- Renewable Energy rate in Primary Energy Supply : 2.24% (2006)

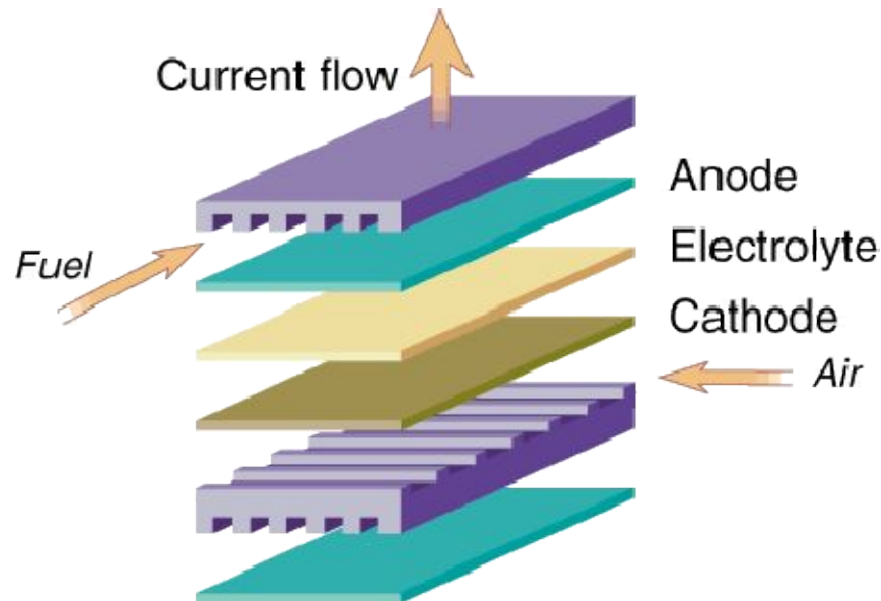
(unit : million TOE/year)

Type	Potential	Available
Solar Thermal	11,100	3,500
PV		390
Wind	165	8
Hydropower	8	1
Biomass	11	2
Total	11,284	3,901

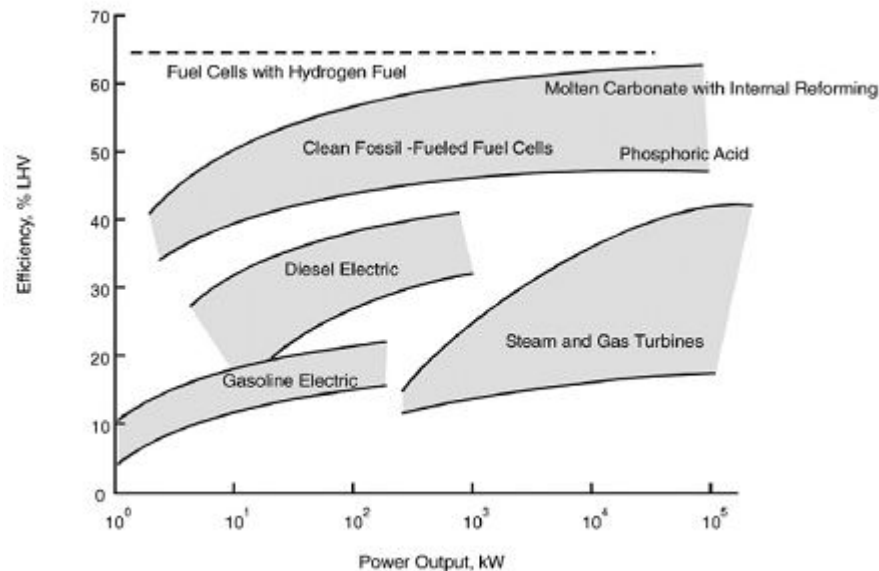
※ Source : Korea Institute of Energy Research (2004)



Fuel Cell



- production of electric energy by direct electro-chemical reaction
- efficiency : over 40-60 %, over 80% (combined heat)
- usable fuel : natural gas, methanol, coal-gas...
- pollution-free : SO_x, NO_x-free



Market Size of Fuel Cell

	world market (2010)	domestic market (2010)
power plant	U\$ 12 ~ 22 billion (ABI)	1400 billion won (KEPCO)
distributed power	U\$ 24 billion (BC Inc.)	-
Transportation	U\$ 15 billion (ABI)	600 billion won (2015, Hyundai)
portable device	U\$ 2.5 billion (ABI)	400 billion won (MOCIE)

자료: 수소연료전지 사업단

자료: 수소연료전지 사업단

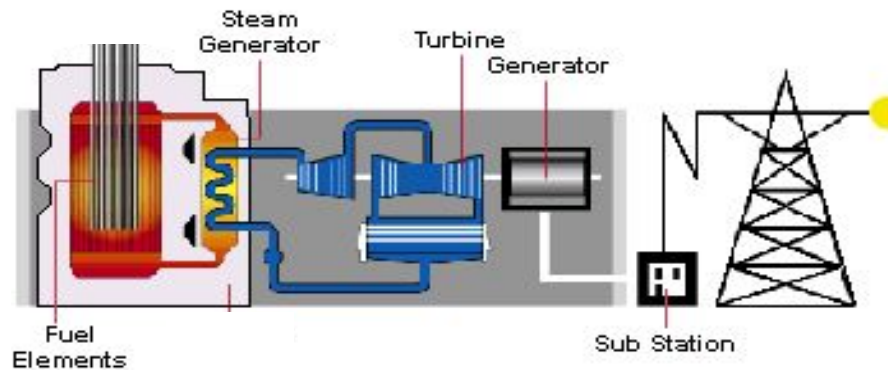
Fuel Cell Types

Application	Building	Power Plant	Portable Trans. Home	Portable	Power Plant Portable?
Efficiency	45%	50 – 55%	60%	30%	55 – 60%
Power	MW	MW	kW	W	MW
Temp.	190 C	650 C	Ambient	Ambient	1100 C
Fuel	H ₂ /LNG	LNG/Coal	H ₂	MeOH	LNG/Coal
Electrolyte	H ₃ PO ₄	K ₂ CO ₃	PEM	PEM	ZrO ₂
	PAFC	MCFC	PEMFC	DMFC	SOFC

Efficiency* : Heat & Electricity

Advantages of Fuel Cell

■ thermal power plant



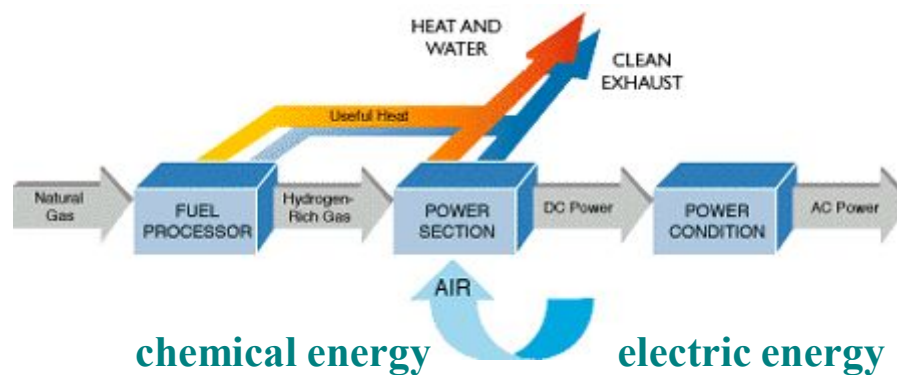
chemical
energy

heat

mechanical
energy

electric
energy

■ fuel cell

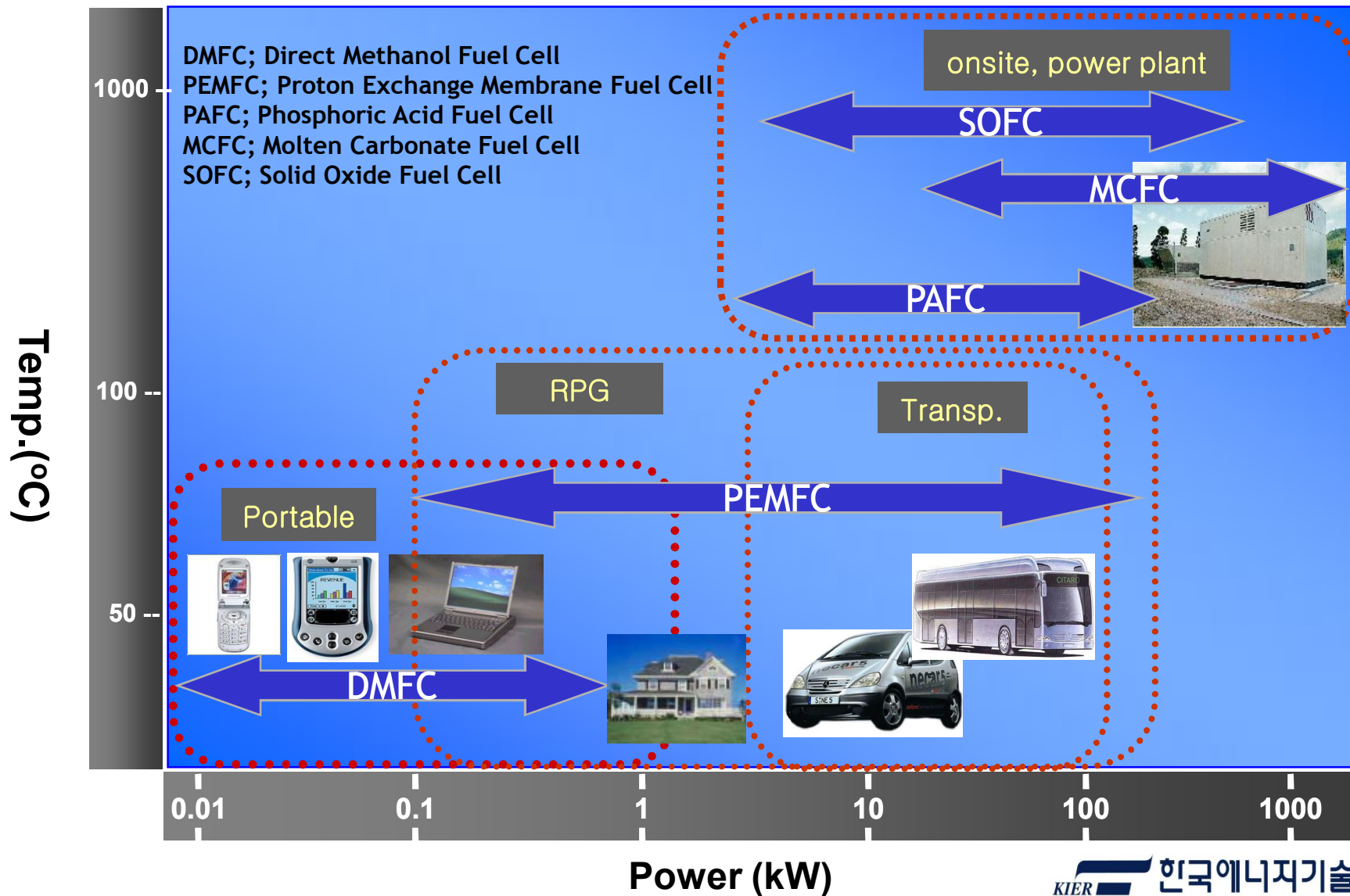


chemical energy

electric energy

- high efficiency
- pollution-free
- low noise
- various fuel types
- easy modulation
- combined heat & power plant

Fuel Cells Applications



연료전지 개발 현황

	특성 및 성장 전망	해결 과제	업체동향
발전용	<ul style="list-style-type: none"> • 저공해, 고효율, 폐열이용 가능 • 기존 시스템의 문제점 해결 <ul style="list-style-type: none"> - 입지선정, 송배전 누전, 고유가 등 • 수 kW급(가정용) ~ 수백 MW급(중형 발전소용) 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제성 개선 • 장수명화 	<ul style="list-style-type: none"> • 정부 지원하 개발 진행 <ul style="list-style-type: none"> - FCE (미), IHI (일), Ansaldo (이태리) • 가정/상업용 <ul style="list-style-type: none"> - Sanyo (일본), GS퓨얼셀(한국), Sulzer-Hexis (스위스) • 한전 중심 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 포스코, 두산중, 효성, 삼성Eng. 등 참여
휴대 전원용	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 전원에 대한 수요 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 동영상 구현, 데이터 처리량 증대 등 • 상업화시 기존 2차전지 시장 판도 변화 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제성 개선 • 안전성 확보 (메탄올/수소) • 소형화 	<ul style="list-style-type: none"> • End User / 벤처중심 <ul style="list-style-type: none"> - Motorola, Casio NEC, Toshiba 등 - 삼성, LG, (주)GS퓨얼셀 등
운송용	<ul style="list-style-type: none"> • 환경관련 법규 및 인센티브 제도 등에 의한 시장형성 시점 결정 전망 • 고압 수소가스통 (700기압)을 탑재한 연료전지 차량 우선 보급 예상 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제성 개선 • Infra 설치 (연료충전) 	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차 Maker(현대) 중심 개발 진행 • IFC (미), Ballard (캐) 등 벤처회사

발전용 연료전지

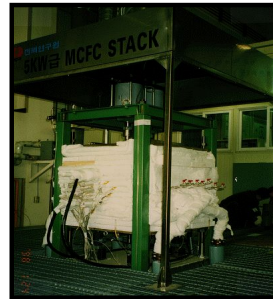
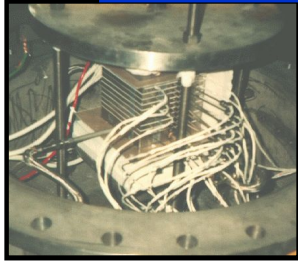
Technologies

응용 분야	외부개질형 MCFC	내부개질형 MCFC	SOFC
가정용	-	-	○
산업용 백업전원	-	○	○
분산전원	△ (H ₂ site)	○	○
중앙집중 발전 (NG)	-	○	○
중앙집중 발전 (Coal Gas)	○	-	○

자료: 수소연료전지 사업단

History of MCFC in Korea

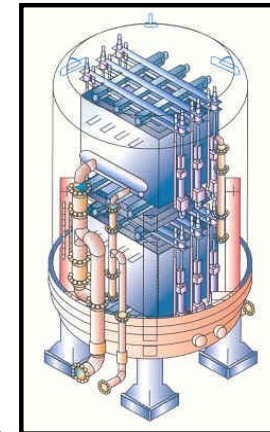
1993 : 100 W (G7)



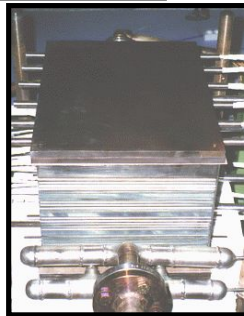
1997 : 5 kW



2004 : 100 kW



1999 : 25 kW



1996 : 2 kW



2001 : 10 kW

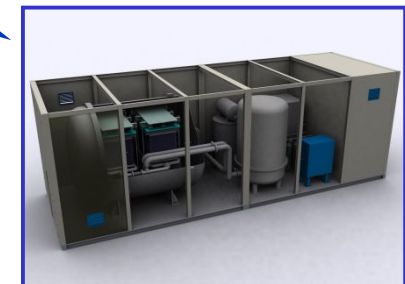


2003 : 25 kW



2004 : 6 kW (BF Type)

2008 : 250 kW



KEPRI 

MCFC개발현황

❖ 자체 연구개발 (한국전력연구원)



25kW 시스템



100kW Stack



100kW 시스템

❖ 실증연구 (포스코- 미국 FCE)



- ✓ 1호기(포항): 포항산업과학연구원
- ✓ 2호기(서울): 탄천 하수처리장
- ✓ 3호기(광주): 조선대학교
- ✓ 4호기(분당): 남동발전

자료: 수소연료전지 사업단

MCFC개발현황

목표 [2012]

- ❖ 내구성 : 40,000 h
- ❖ 효율 : 전력 45%, 전체 80%
- ❖ 가격 : US\$1,500 / kW

- ❖ 250kW 외부 개질형 MCFC
 - ❖ 기간 : 2006 - 2010
 - ❖ 예산 : 428 억 원
 - ❖ 참여기관 : KEPRI, POSCO, KIST
- ❖ 300kW 내부 개질형 MCFC
 - ❖ 기간 : 2007 - 2010
 - ❖ 예산 : 350 억 원
 - ❖ 참여기관 : 두산중공업, KIST, KIER



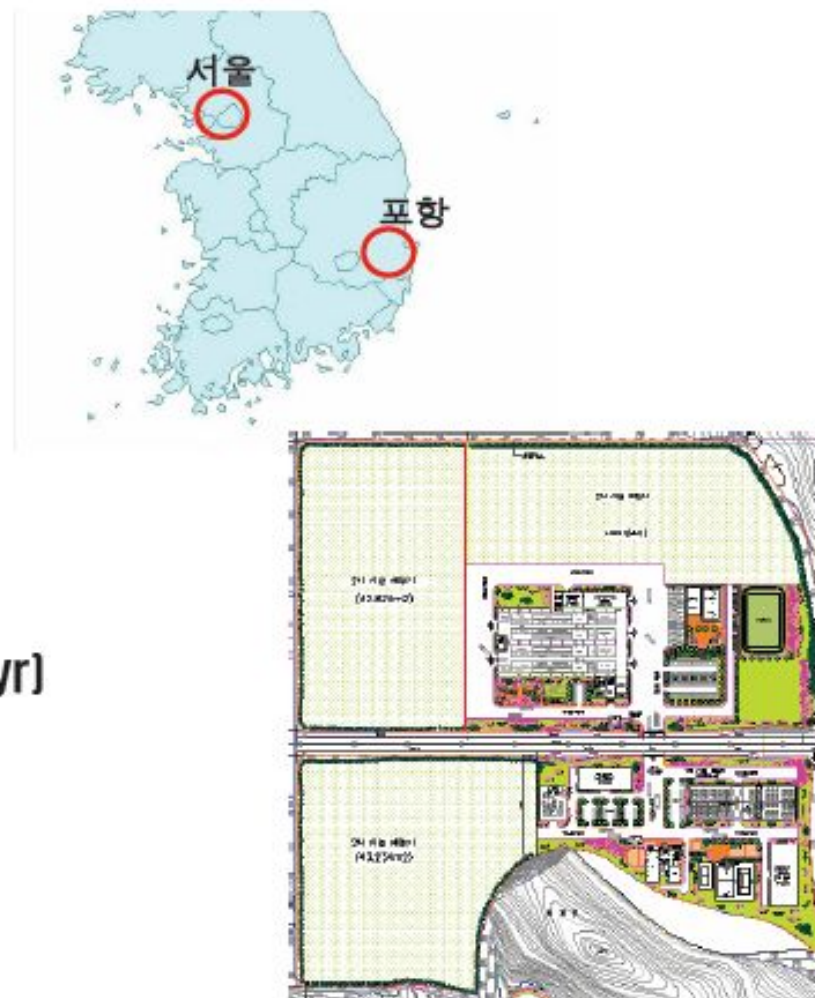
25kW (2000)



100kW (2005)

POSCO-FCE Alliance

- ❖ MCFC Power Plant 공장 준공
 - ❖ Stack – FCE
 - ❖ BOP – POSCO Power
- ❖ 부지
 - ❖ 포항
 - ❖ 207,000 m²
- ❖ 계획
 - ❖ 생산 시작 : 2008 8월
 - ❖ 규모 : 50 MW/yr (120 MW/yr)



MCFC components manufacturing facilities

DOOSAN installed components manufacturing facilities with 2~5MW/yr capacity in early 2008

Slurry manufacturing system



Tape casting machine



Belt furnace



Automatic electrode cutting machine



MCFC 보급 시나리오

연도	보급량(MW) ⁽¹⁾		설비단가 ⁽²⁾ (만 원/kW)
	연간	누적	
2008	10	10	410
2009	42	52	340
2010	104	156	310
2011	127	283	274
2012	148	431	234
2013	184	615	210
2014	228	843	180
2015	249	1092	160

> 10MW 운전시 발전차액 비용

: 10MW X 1000kW X 24hr x 365일 X 282원

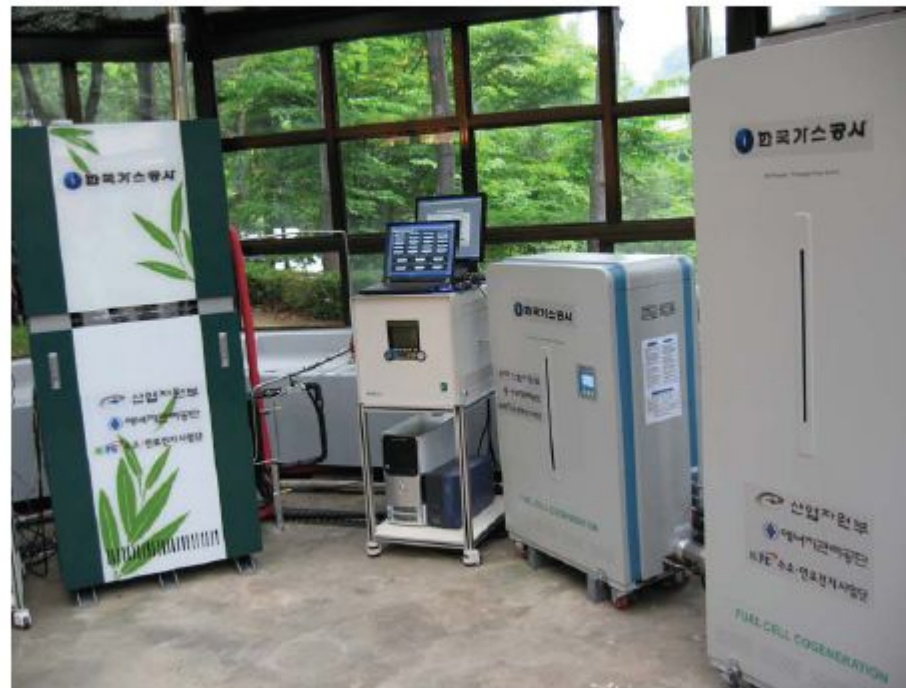
= 247억

(1) POSCO Power의 보급 계획

(2) POSCO Power의 가격절감 목표

가정용/상업용 연료전지 개발 현황

- ❖ 유형: 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)
- ❖ 주관기관: GS Fuel Cell, FuelCellPower
- ❖ 참여기관: 에너지기술연구원, 한국전력연구원, 한국가스공사, 한국타이어, 대학 등



총리공관에 설치된 가정용 연료전지 2기

자료: 수소연료전지 사업단

RPG Monitoring Project



❖ 한국가스공사(14, '06.12.4)



❖ 동신대학교



❖ 경남에너지(2, '07.1.22)



❖ 경동도시가스(2, '07.1.26)



❖ 예스24(2, '07.1.30)

자료: 수소연료전지 사업단

가정용 연료전지 모니터링 사업

구분	2006	2007	2008	계
보급대수	40	70	100	210
목표단가 (단위:억원)	1.3	1	0.8	
정부지원금 (단위:억원)	55	70	80	205
정부 보조율	50%	50%	50%	
국산화 비율	55%	70%	80%	

자료: 수소연료전지 사업단

가정용 연료전지 산업화 방안

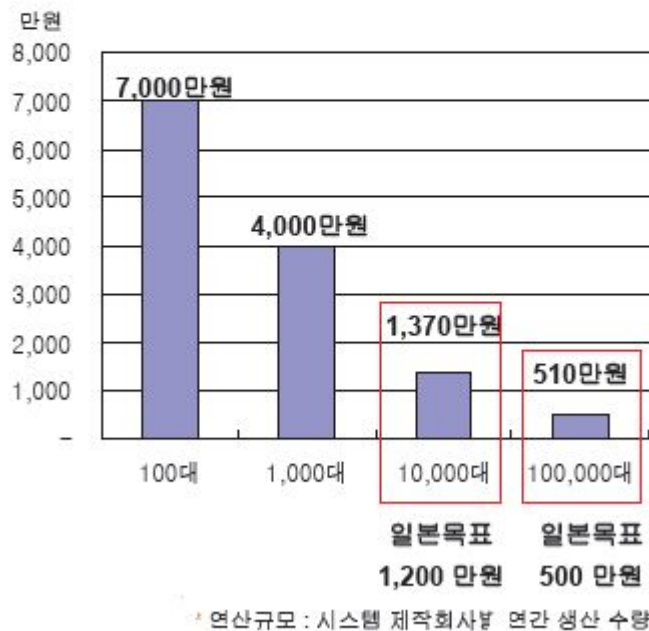
연도	보급(대)	목표가격 (백만 원/대)	정부보조금 (백만 원/대)	정부보조금 총액 (백만 원)	개인부담금 (백만 원)	비고
2006	40	100	130	5,200	0	제1차 모니터링 사업
2007	70	80	100	7,000	0	
2008	100	65	80	8,000	0	
2009	290	50	50	14,500	0	제2차 모니터링 사업
2010	800	30	30	24,000	0	
2011	2,000	20	14	28,000	6	1만대 보급사업 (정부보조금 70~60%)
2012	6,700	10	6	40,200	4	
2013	15,000	8	4.8	72,000	3.2	10만대 보급사업 (정부보조금 60~40%)
2014	25,000	7	4	100,000	3	
2015	50,000	5	2	100,000	3	
누적	100,000	-	-	388,900	-	

자료: 수소연료전지 사업단

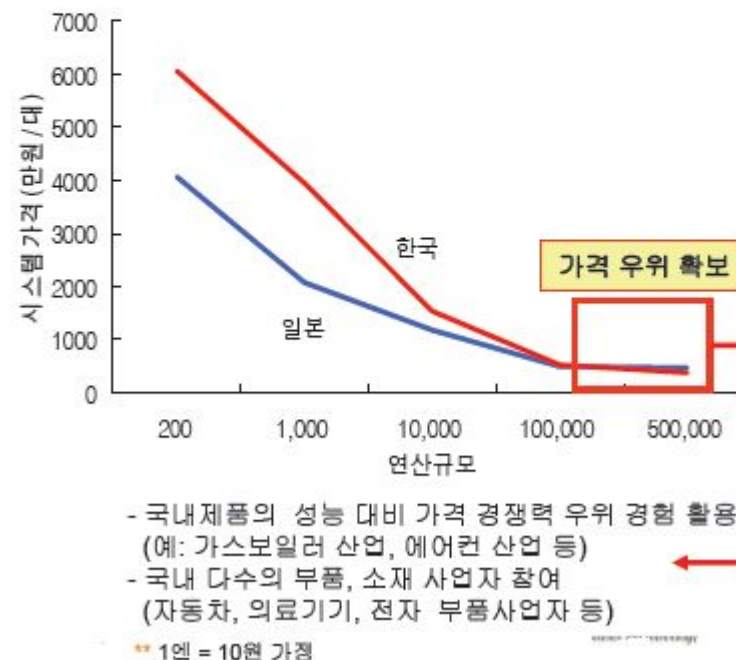
국내 주택용 연료전지 시스템 목표 가격

- 연간 생산수량 증가에 따라 규모의 경제에 의해 시스템 가격하락이 예상되며, 국산화 및 양산기술 개발을 통하여 시스템 가격 추가 인하 가능
- 제조사별 연산 1만대 생산 규모 시 일본과의 격차가 줄어들어 10만대 규모 시 일본과 유사, 이후 국내 연료전지 시스템의 가격 경쟁력이 일본에 비하여 우수

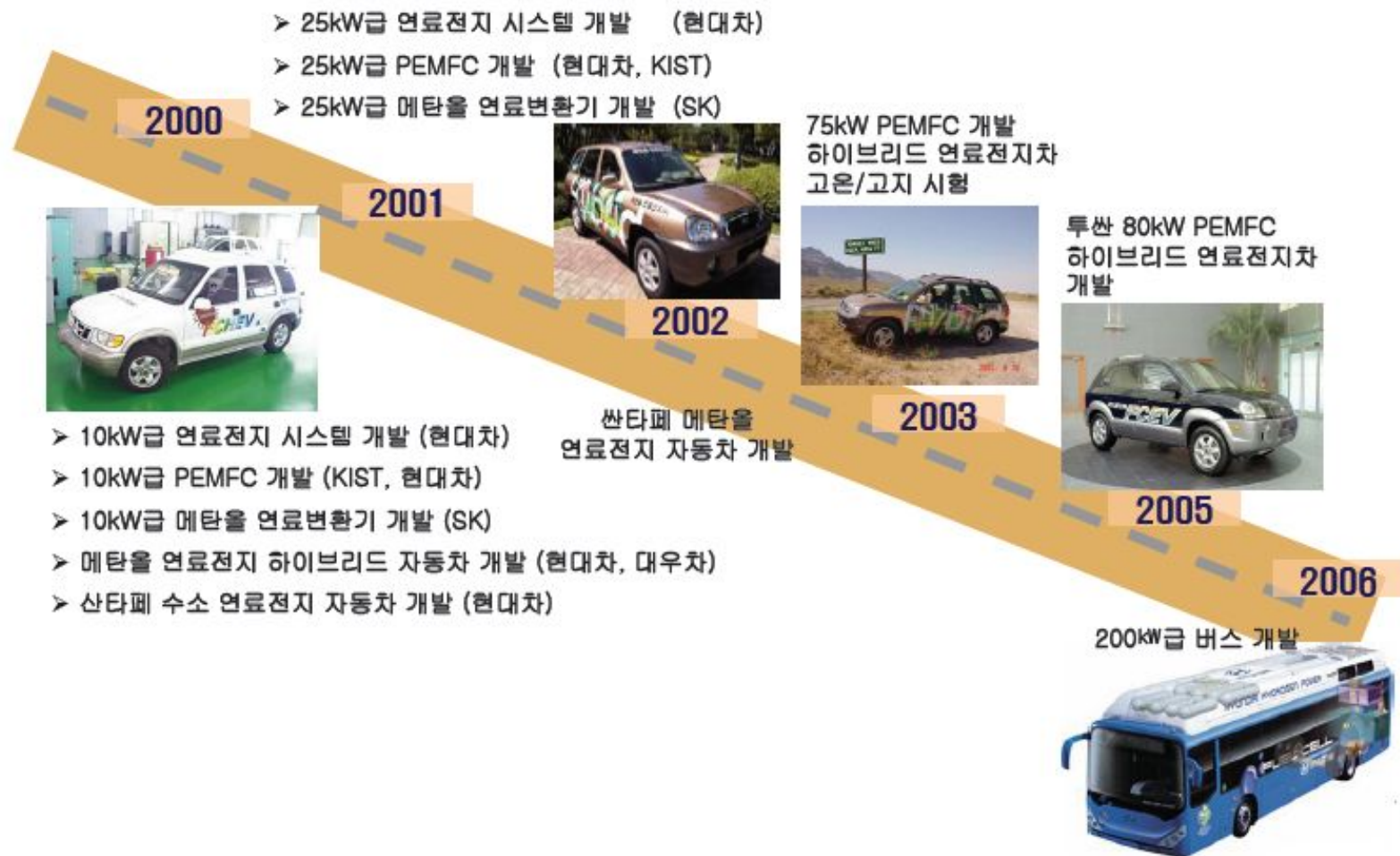
❖ 국내 연료전지 연산규모*별 목표 가격



❖ 연산규모별 국내와 일본의 연료전지 시스템 가격 비교**



국내 연료전지 자동차 개발 현황



자료: 수소연료전지 사업단

PEMFC R&D Projects- FCEV

목표 (2012)

- ❖ 내구성 : 5,000 h (10 yrs)
- ❖ 냉시동 온도 : -40°C
- ❖ 가격 : US \$100,000 / car

- ❖ 80kW PEMFC (승용차)
 - ❖ 기간 : 2004 - 2009
 - ❖ 예산 : 334 억 원
 - ❖ 참여기관 : HMC, KIST, etc.
- ❖ 200kW PEMFC (버스)
 - ❖ 기간 : 2005 - 2010
 - ❖ 예산 : 490 억 원
 - ❖ 참여기관 : HMC, KIST, etc.



Hyundai i-Blue (2007년 9월)

PEMFC Demonstration - FCEV



Driving Range	187 miles (300 km)
Max. Speed	95 mph (152 kph)
Fuel Cell Power	107 hp (80 kW)
Battery	LiPB 152V
Fuel	Hydrogen (350 Bar)



Driving Range	187 miles (300 km)
Max. Speed	50 mph (80 kph)
Fuel Cell Power	267 hp (200 kW)
Supercapacitor	9.7F
Fuel	Hydrogen (350 Bar)

자료: 수소연료전지 사업단

수송용 연료전지 모니터링 사업

구분		2006	2007	2008	계
연료전지차량	승용차 수	4	8	18	30
	목표단가 (단위:억원)	10	9	6.5	
	버스 수	1	1	2	4
	목표단가 (단위: 억원)	30	25	15	
수소스테이션 수		2	4	2	8
정부지원금 (단위:억원)		58	74	95	227
정부 보조율		50%	50%	50%	
국산화 비율		50%	60%	70%	

자료: 수소연료전지 사업단

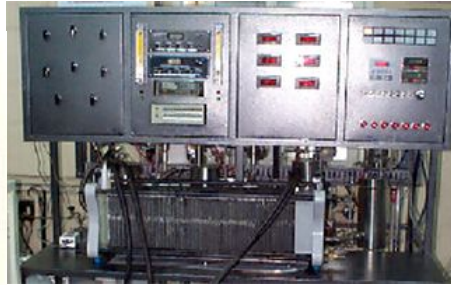
R&D Status of Fuel Cells in KIER

(PEMFC, DMFC, and SOFC)

Brief History of PEMFC development



1996-1997
2kW PEMFC Stack



1996-1998
5kW PEMFC system for RPG
with Methanol reformer



1997-2000
10kW PEMFC power system
for a hybrid fuel cell vehicle



1999-2001
5kW PEMFC system for RPG
with Natural Gas reformer



2006
Fuel Cell/Battery
Hybrid mini-Bus
with a 50kW Stack Module



2004
Fuel Cell/Battery
Hybrid Vehicle with
2kW Air-cooled Stack



1999-2004
1kW PEMFC system for
Small & Portable
Application



2003-2004
50W PEMFC system for
Laptop computer

SOFC in KIER

Anode-support flat tubular 1kW SOFC stack
Anode-support tubular 1kW SOFC stack for APU application

Pressurized 5kW SOFC stack operation
Development of core technology for SOFC material

■ Paper : Domestic 24, International 21

■ Patent pending : Domestic 6, International 3 (2007)

★ Patent :

☑ [Korea 0344936 \(2002\)](#)

☑ [U.S. Patent 6,436,565\(2002\)](#)

☑ [U.S. , China, Germany Patent 6,436,565\(2007\)](#)



Pressurized 5kW SOFC system



1kW flat tubular and tubular SOFC stack



First development of anode support tubular cell (O.D.: 20 mm)



25 cm² cell

Brief History of DMFC development



1994-1997
180W Stack



1998
10W DMFC stack for
portable application



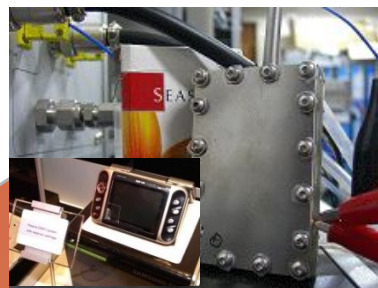
1999
3W DMFC system
for a cellular phone



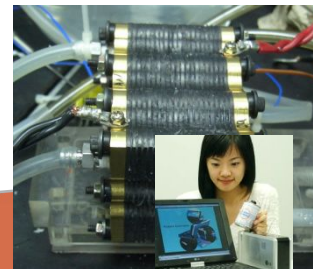
2000
15W DMFC system for
portable application



2007-2009
DMFC/Battery
Hybrid scooter
with a 500W Stack
Module



2005-2008
5W DMFC stack and
sys. for DMB phone



2003-2007
50W DMFC stack and
sys. for Notebook



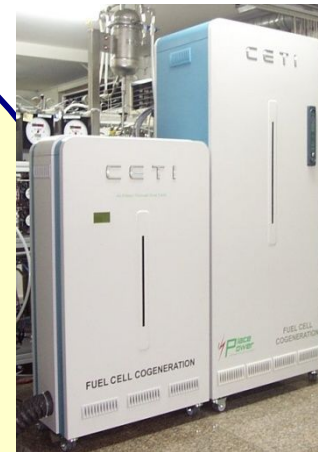
2002-2004
100W DMFC/Battery
hybrid sys. for vacuum
cleaner



2002
500mW DMFC system
for micro fuel cell

Conclusion & Futures

Invention of Fuel Cell Industry



Thank you