



# 연료전지차 개발 현황 및 전망

2003. 5.

연료전지개발팀  
현대자동차 선행개발센터



## 목 차

- I. 연료전지 자동차 개발의 필요성
- II. 연료전지 자동차 개요
- III. 연료전지 자동차 동향 및 향후 시장전망
- IV. 당사 연료전지 자동차 개발전략



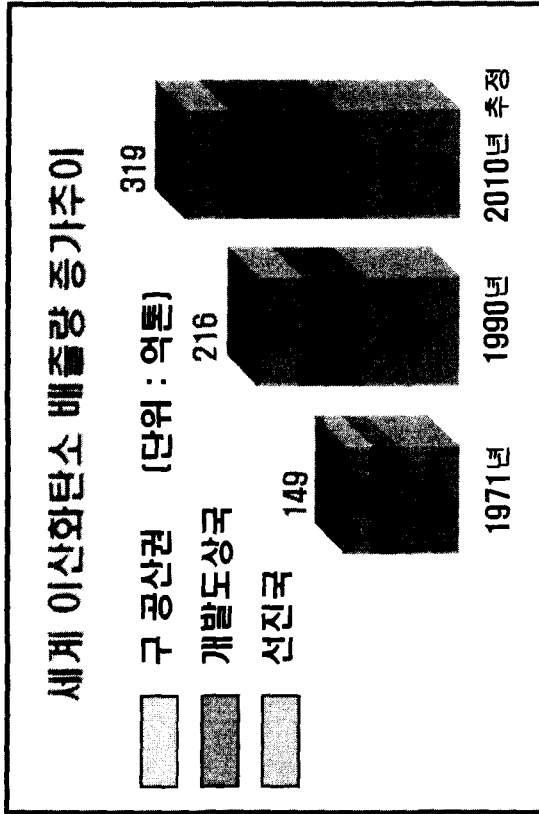
# I. 연료 전지차 개발의 필요성

# 1. 연료전지 자동차 개발의 필요성



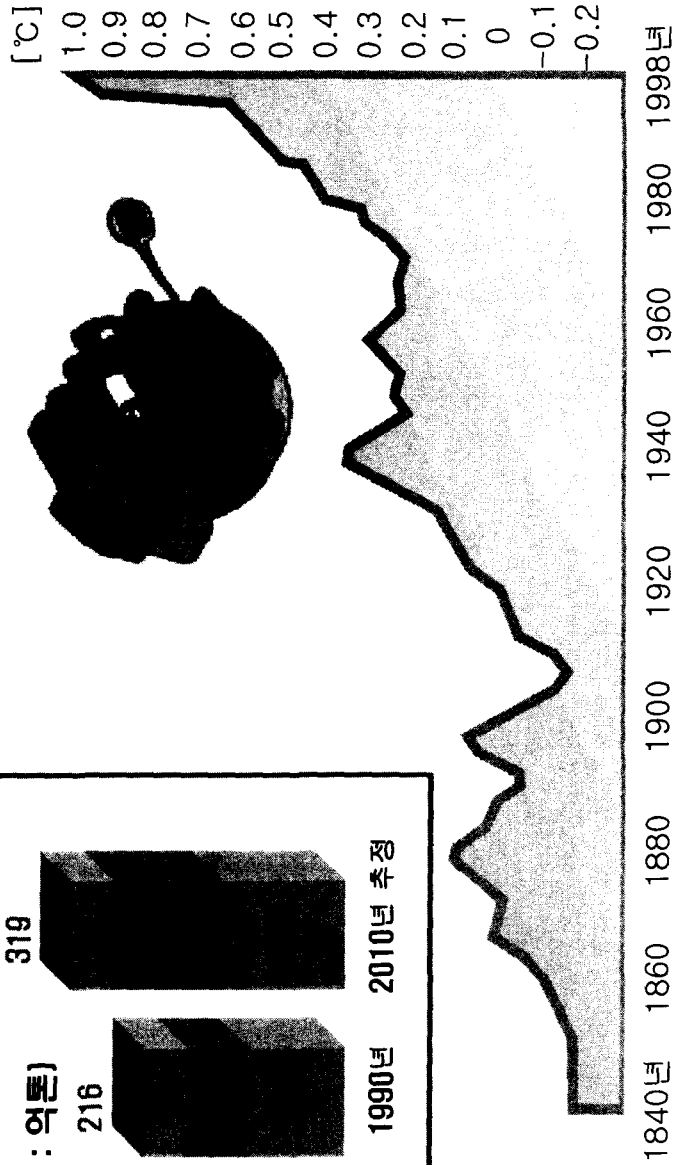
## 1.1 환경오염 측면:

- 지구 온난화 가속 → 이산화탄소 총량 규제
- 자동차 이산화 탄소 배출량: 배출량의 27% 차지 → 고효율 동력 시스템 필요



자료 영국 하틀리연구소

## 이산화탄소에 의한 지구 온난화

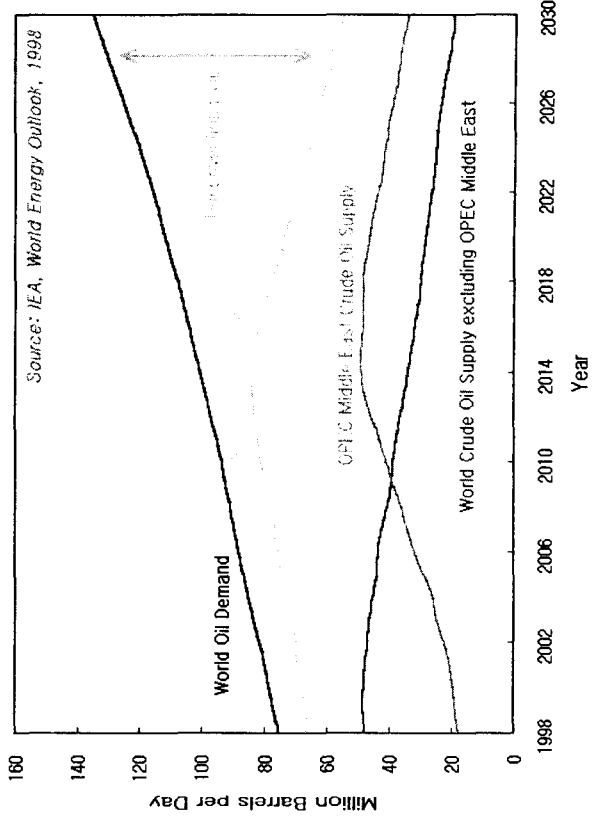
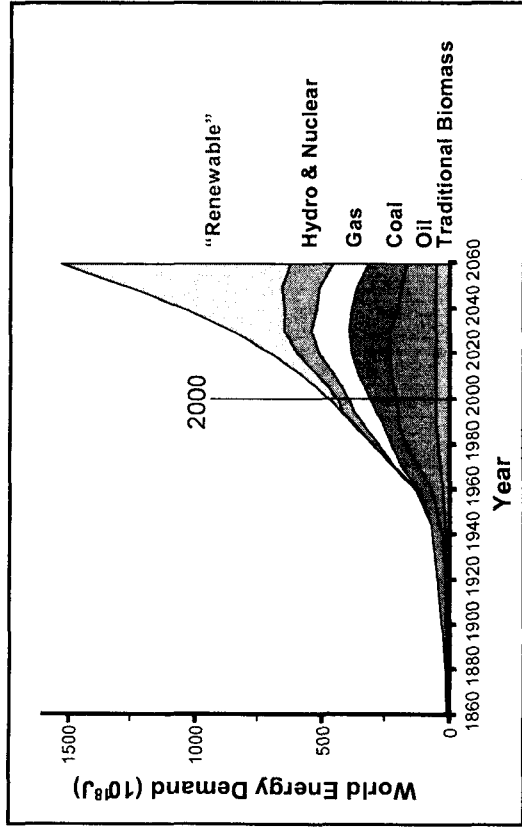




## 1.2 석유자원 고갈

- 한정된 석유 매장량 : 석유 매장량 중 1/3 정도가 경제적 이용 가능 → 40년 사용량
- 석유의 수요와 공급 차 → 신 에너지로 대체 필요 (예: 재생에너지, 수소)

### 세계 에너지 수급 전망 및 석유 수급 전망



(BP AMOCO의 통계자료)

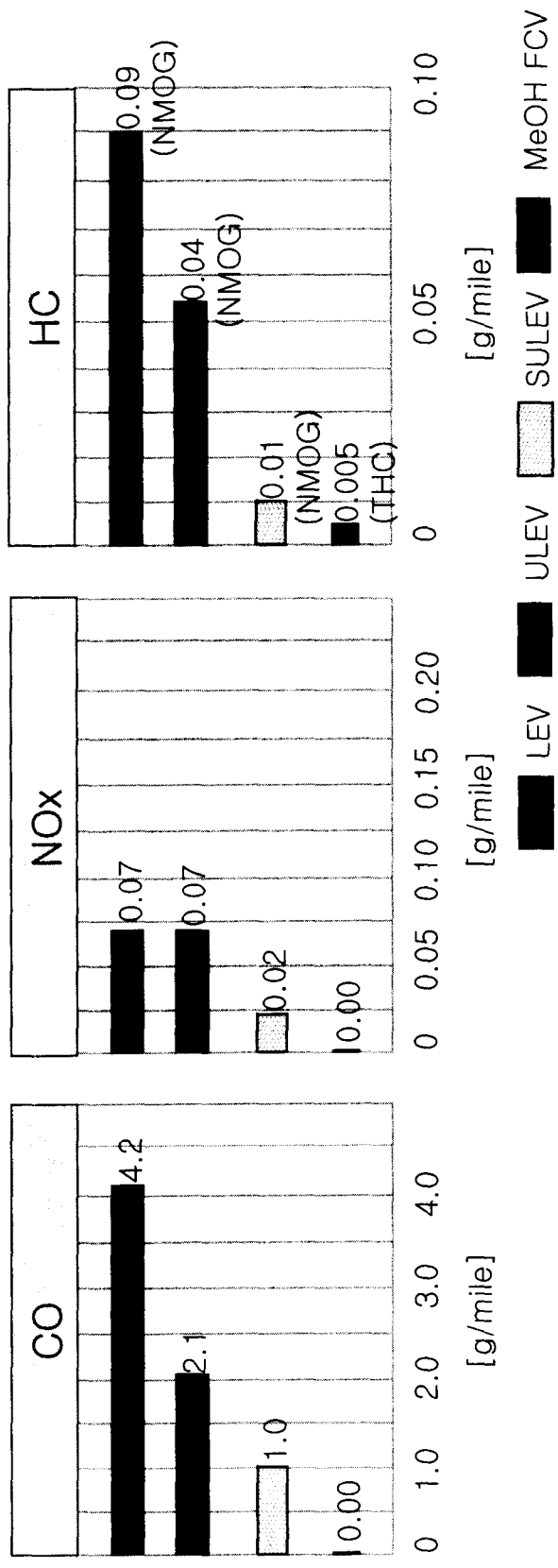
자료: IEA, World Energy Outlook, 1998



### 1.3 대기 오염 방지

- 자동차에 의한 대기 오염: 전체 85% 차지
- 각종 자동차 배기 가스 규제 강화 (예: 미 캘리포니아 ZEV 의무 판매 비율 확대)

#### • 환경친화차량 배기수준



□ 수소 연료전지차 : ZEV (Zero Emission Vehicle)  
 □ 메탄올 연료전지 차 배기수준: SULEV 능가



### 1.4 법규현황

□ 캘리포니아 ZEV 관련 법규

▪ 2005년부터 ZEV를 의무적으로 판매하여야 함

'05 ~ '08 MY	'09 ~ '11 MY	'12 ~ '14 MY	'15 ~ '17 MY	'18MY
10%	11%	12%	14%	16%

▪ ZEV 규정을 만족시키는 새로운 경로 제언 ('03.04.24)

- 자동차 회사는 ZEV 규정을 만족시키기 위해 기존의 ZEV 규정외에 새로운 규정을 선택할 수 있다.

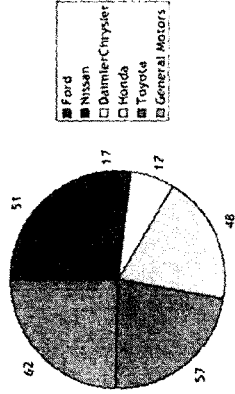
▶ 2001년 규정

2% ZEV
2% AT-PZEV
6% PZEV

▶ 2003년 규정

4% AT-PZEV
6% PZEV

● 2008년까지 250대 FCV 도입  
(08년까지의 시장점유율로 나눔)  
예:



차종	
ZEV	Battery EV, H2 FCV
AT-PZEV	CNG Vehicle, HEV, H2 ICEV, MeOH FCV
PZEV	Extremely clean gasoline ICEV



## II. 연료전지 자동차 개요



## 2. 연료 전지차 개요



### 2.1 연료전지 자동차 특징

연료	수소 또는 가솔린, 메탄올 ( Reformer 필요)
에너지 효율	~ 50% (내연기관 : ~ 30%)
주행 거리	300 km 이상 목표
Emission 수준	ZEV(수소), Equivalent ZEV(메탄올, 가솔린)
Infra	수소 INFRA 필요 (가솔린, 메탄올 이용 시 기존 INFRA 이용 가능)



- 배기가스/CO2 총량 규제 대응 가능
- EV의 실용화에 있어 예상되는 문제점 해결 가능
  - ZEV 실용화 촉진

- 전기자동차(EV) 실용화 예상 문제
- 고가 (高價)
  - 충전 설비 인프라 구축
  - 충전시간 (6시간)
  - 1충전 주행거리 (160km)

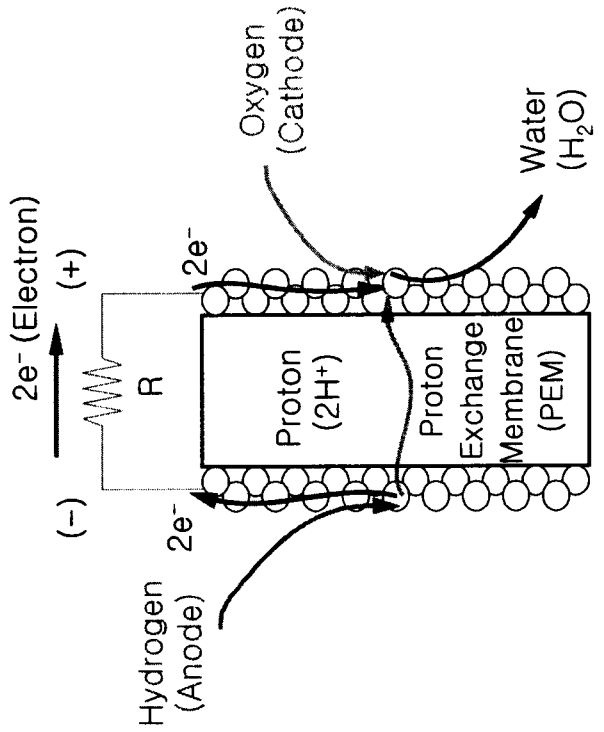
## 2.2 연료전지 시스템 개요:

□ 연료전지 : 연료[수소]를 연소 과정 없이 전기로 직접 바꾸어 주는 전기화학 장치

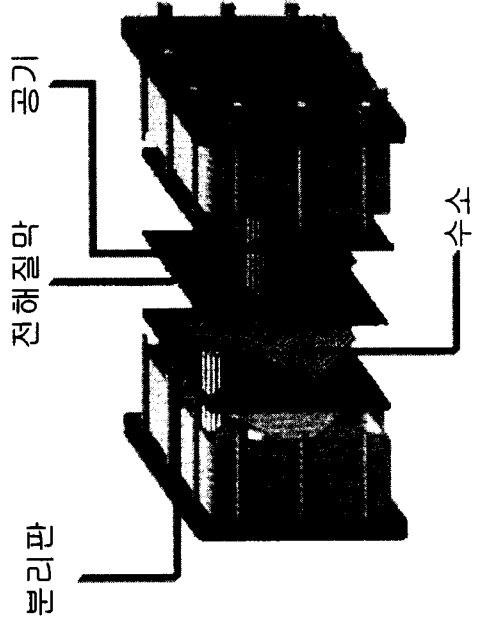
□ 연료전지 작동 원리:



### 작동원리

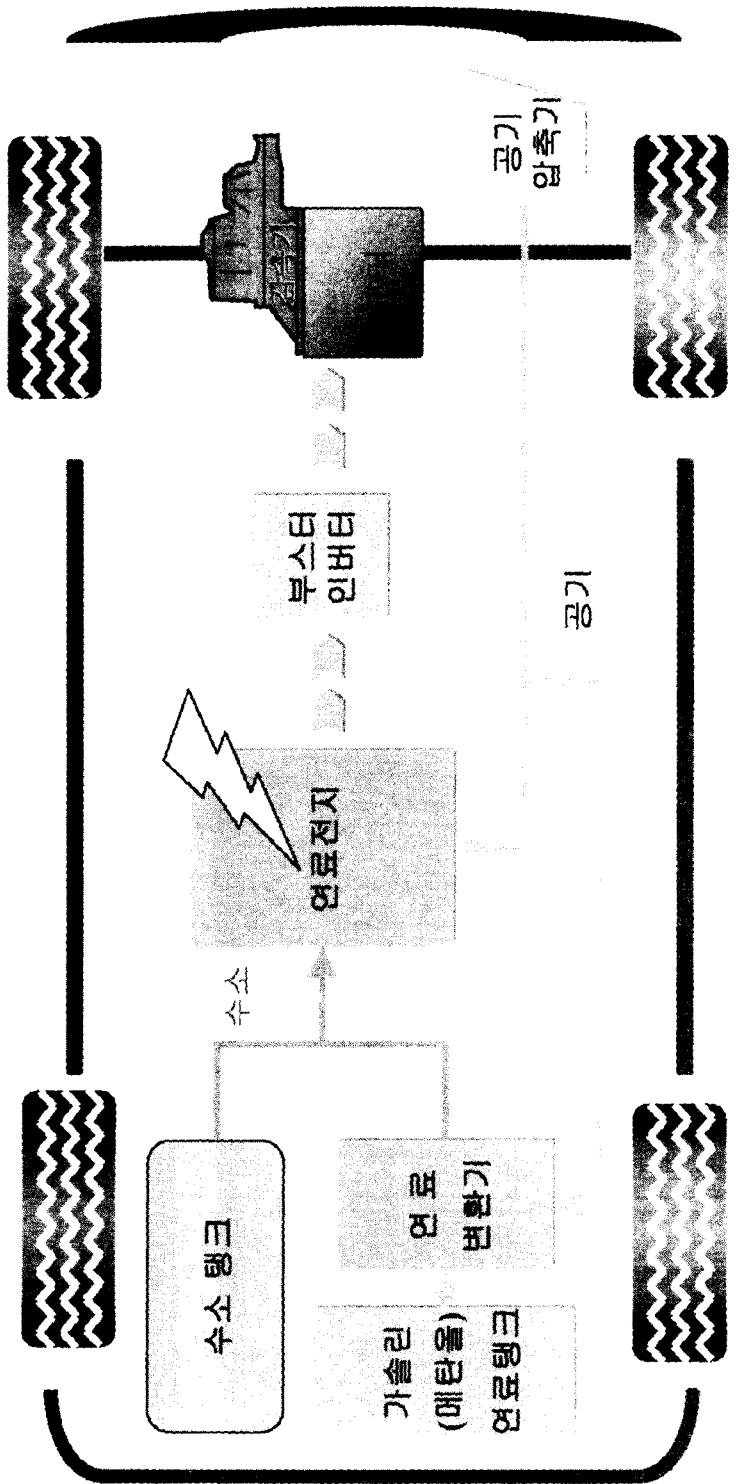


### 연료전지 구조



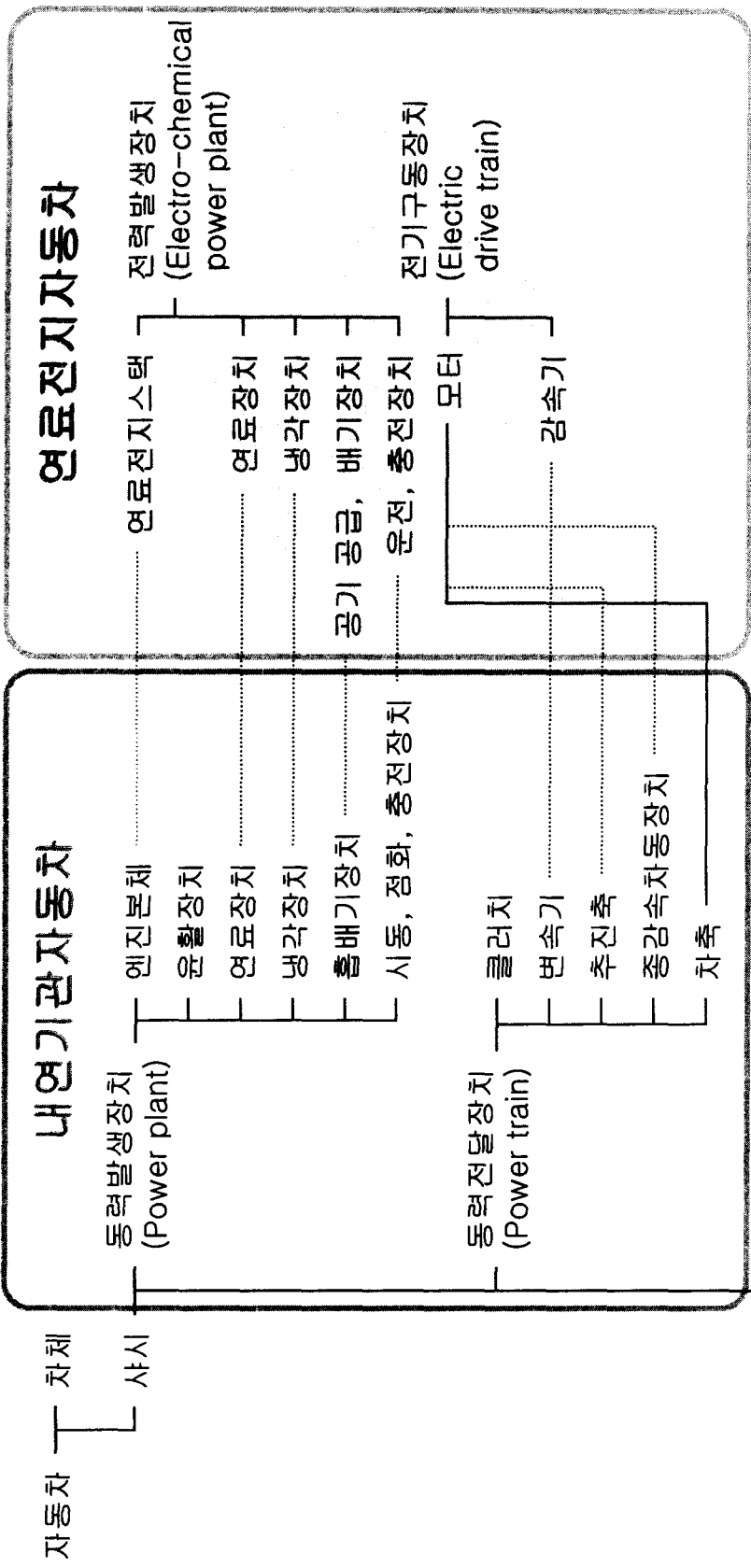
## 2.3 연료전지 자동차 구조

□ 수소를 연료로 연료 전지로부터 생산된 전기를 통하여 차량 모터 구동











## 2.4 일반/연료전지차 시스템 구성 비교



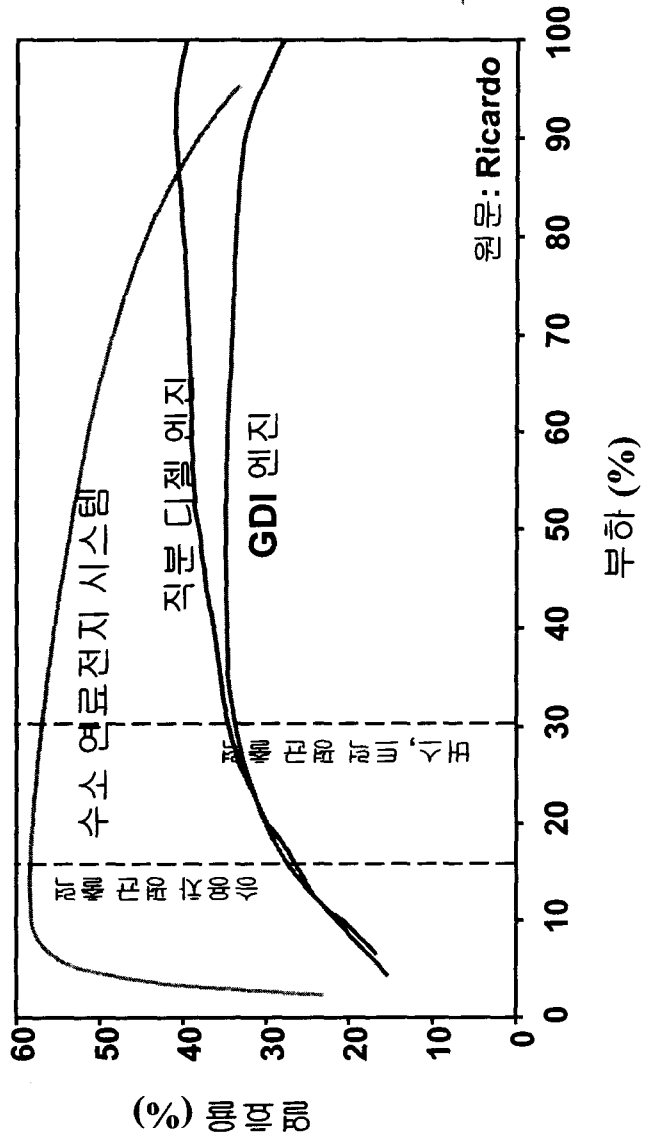
## 2.5 내연기관 차량 대비 시스템 신규 사양 개요

구분	시스템	구성 부품 사양
<b>Powertrain</b> 	연료전지 연료전지 운전 장치 (BOP) - 물관리/냉각 장치  - 공기공급장치 - 수소공급장치 - 센서, 액츄에이터류 수소탱크 모터/ 감속기/냉각계 배터리/ 직류변환장치	연료전지스택, 셀전압 측정장치, GFD, 수소환기 블로워  라디에이터, 이온제거기, 물탱크, 전동 물펌프, 세퍼레이터/이젝터 블로워, 공기 필터 압력조절기, 재순환용 블로워, 안전장치 수소, 유량, 압력, 온도, 이온전도도, 슬레노이드 밸브 고압 수소저장탱크 구동 모터, 1속 감속기, 라디에이터, 전동 물펌프 하이브리드용 전지, 전압 승압 및 감압 장치
<b>차시</b>	Steering  A/Con  Brake Control	전동식 파워 스티어링 전동 컴푸레서 Vacuum Pump적용 ACCEL/BRAKE 포텐시오메타 부착 Pedal
<b>의장</b>	Heater	전기저항식, Contact Box
<b>전장</b> 	Wiring Emergency shutdown 스위치 Power Disconnect Unit DC/DC Converter DRIVER 제어기 	Power/Signal Line, BOP 구동용 휴즈/릴레이 박스, Diagnosis box Manual 스위치, Air bag Crashout 신호, 수소센서 연계 파워 라인상 고전압 인가 연결 장치 BOP 부품 전원용, 12V→ 5, 24, 28, 95, 300 V 변환 BOP 구동용 : 물펌프, 블로워 연료전지제어기, 동력분배제어기, 차량제어기, 모터제어기, BMS



## 2.6 열효율 비교

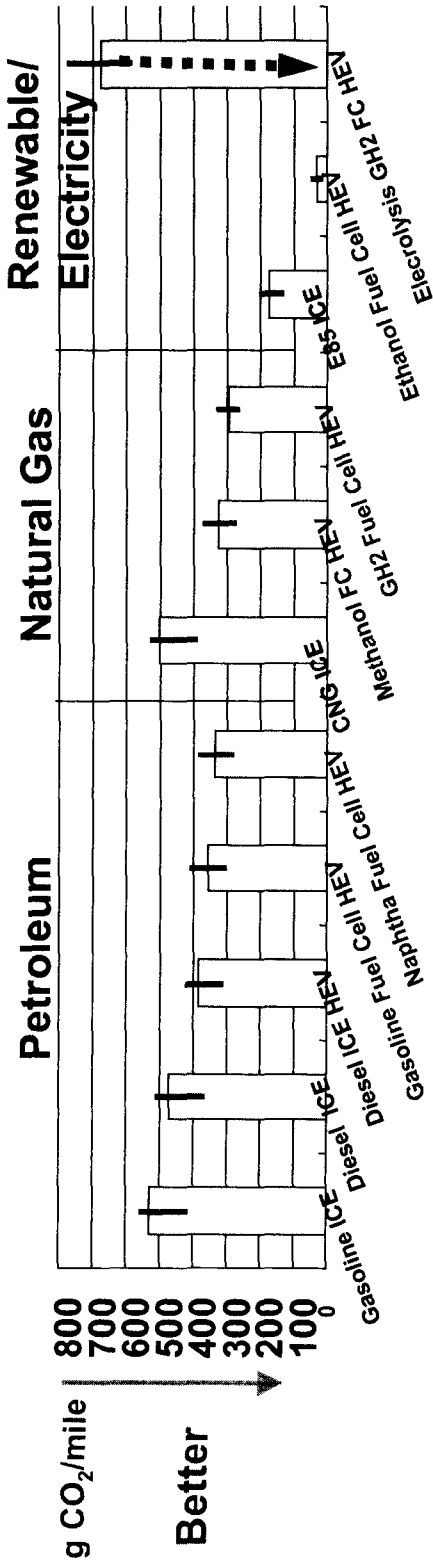
- 연료전지: 저 출력, 고 효율 - 고 출력, 저 효율
- 연료전지 시스템: 10kW 영역에서 최고 효율 -> 승용차 평균 출력 범위에서 고 효율



- 자동차 평균 운전 영역에서 연료전지 엔진의 열효율 2 ~ 3배 높은 수준
- CO<sub>2</sub> 배출 측면에서 1/3 ~ 1/2 수준 예상



## 2.7 차종별의 에너지효율 비교 및 효율 향상 목표

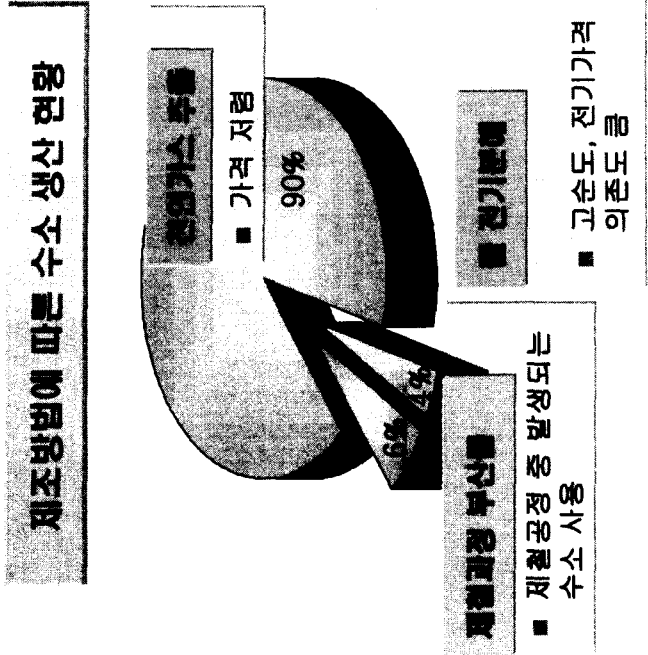
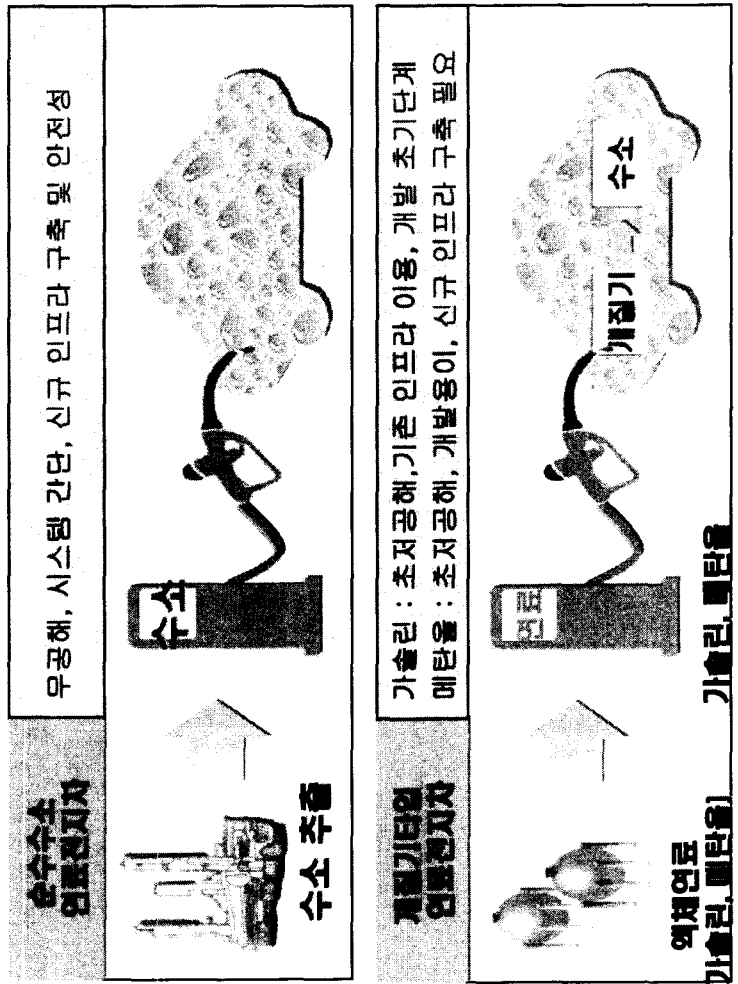


## • Toyota 연료 전지 자동차 효율 향상 목표

Vehicle	Efficiency	Well To Tank (%)	Tank To Wheel (%)	Well To Wheel (%)
Gasoline Vehicle			16	14%
Gasoline HEV	88	30	26%	
Diesel Vehicle <sup>주1)</sup>		22	20%	
Diesel HEV <sup>주2)</sup>	89	30	27%	
Hydrogen FCV		38	22%	
Hydrogen FCEV4	58	50	29%	42%
Target FCHV	70	60		3 x Gasoline, 1.5 x HEV



## 2.8 연료 전지차 연료 공급 방법







### Ⅲ. 연료전지 자동차 시장 전망 및 개발 동향



### 3. 연료전지 자동차 시장 전망 및 개발 현황

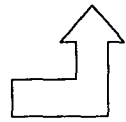
#### 3.1 연료전지차 시장 규모 예측

- 2004년 전후 소량 양산 시작 → 2010년 전후 본격 양산
- 미 에너지성: 4.5 ~ 11% (2010년 전후)
- 노무라와 Daimler-Chrysler 예측

노무라		Daimler-Chrysler		
2005년	2007년	2010년	2011년	2020년
10K	30K	100K	150K ~ 1,300K	1,500K ~ 9,000K

#### 3.2 연료전지차 시장전망 ('10)

시장	시스템	차량	산출근거
세계 시장	US\$11억	US\$68억	2010년 미국내 ZEV 의무판매 대수의 50%, 250K대
한국 시장	580억	3,000억	현재 세계 자동차 생산대비 점유율 4% 추정, 10K대

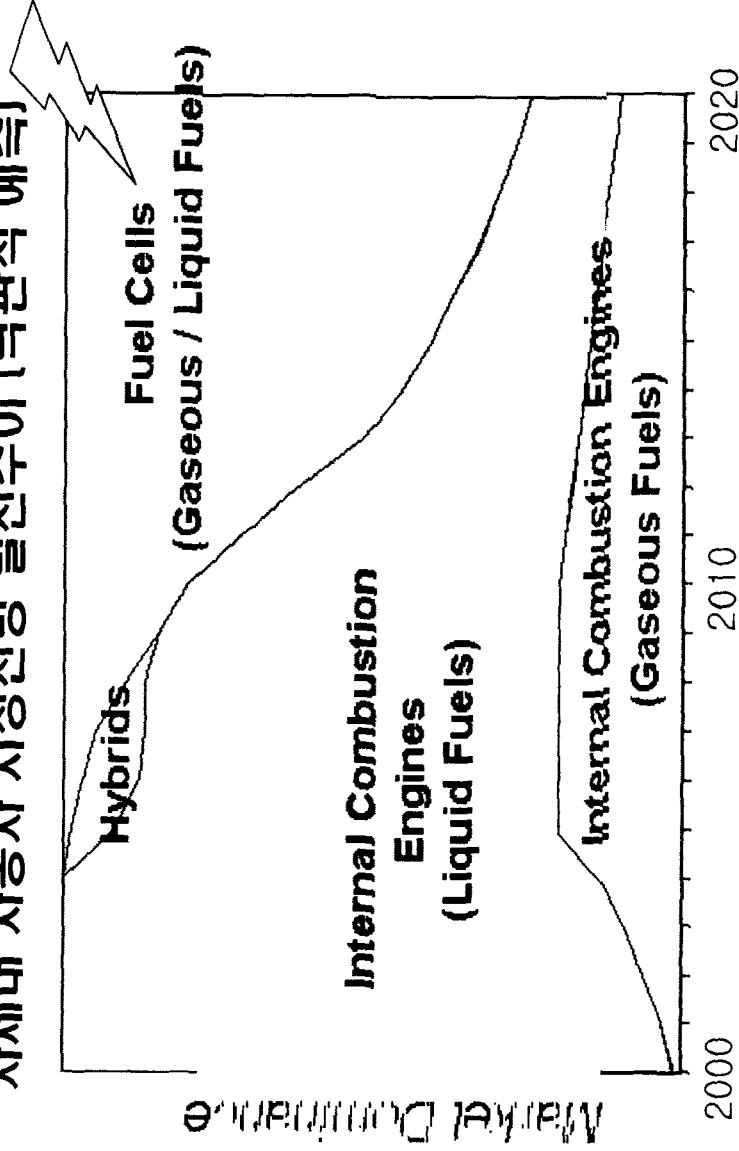


2010년 이후의 차세대 차량으로 연료전지차 양산 대폭 확대



### 3.3 연료전지자동차 시장 전망 (I)

#### 차세대 자동차 시장전망 발전주이 [낙관적 예측]



- 2010년 : 내연기관(가솔린,디젤) 60%, 내연기관(가스) 20%, FCEV 20%
- 2020년 : 내연기관(가솔린,디젤) 15%, 내연기관(가스) 15%, FCEV 70%



### 3.5 연료전지 자동차 개발 동향

연료전지 자동차 개발 동향 : ▼ 소량 생산(2004년) → ● 양산(2010년)

회 사	착수년도	개발형태	생산계획		개발 동향
			'02 '04 '06 '08 '10		
Ford	1995	연료전지 전문회사 설립 (Ballard)	▼	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 개발 수준 성능 확보 단계에서 제품 및 생산 기술 개발 단계로 진입</li> <li>생산 시점 양산 목표: 2010년 전후 소량 생산 시작: '02 ~ '04</li> <li>개발 차종 승용: 탑재성 유리한 SUV 중심 상용: 인프라 유리한 버스 중심</li> <li>조기 생산을 통한 인프라 개발 촉진 및 시장 선점 추구</li> <li>각종 시범 운행 사업을 통한 시장 접근 방안 탐색 중 (美 캘리포니아 연료전지 파트너쉽 日 연료전지 실증시험 등)</li> </ul>
Daimler Chrysler	1992		▼ (60대 규모)	●	
GM	1993		▼ (1000대 규모)		
Toyota	1994	독자개발/양사 공조 체제 구축	▼ (20대 규모)	●	
Honda	1995	공동/독자 개발	▼ (30대 규모)	●	
Nissan	1989	공동/독자 개발	▼ (양산미정)		
Hyundai	1998	공동/독자 개발	▼	●	

# DC 개발 현황



개발 형태	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발라드, 포드 와 공동 개발</li> <li>· 발라드 지분 24% 소유</li> </ul>	연료	· 메탄올, 수소, NaBH4
개발 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선행 개발 완료 → 양산 준비 단계</li> <li>· 양산 투입을 위한 신뢰성 평가 단계</li> </ul>	관심 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수소저장 기술 개발</li> <li>· 생산기술 개발</li> <li>· 원가절감</li> <li>· 시스템 신뢰성 평가 (저온, 고지 등)</li> </ul>
생산 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2003년 : 연료전지 버스 30대</li> <li>· 2003년 : F-Cell 60대 생산 (Fleet 중심)</li> </ul>		
조직 / 인원	· R&T CTR, FC Project House, 제품개발연구소에 각 80명 (발라드 1600명)		



NeCar 1  
50kW, 수소, 1994



NeCar 5  
75kW, 메탄올, 2000  
주행거리 : 500km



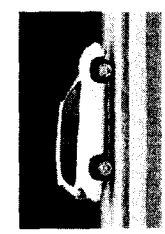
NeCar 2  
50kW, 수소, 1996



Jeep Commander  
82kW FC / Ni-MH,  
메탄올, 2000



NeCar 3  
50kW, 메탄올, 1997



Natrium  
75kW, NaBH4, 2001  
주행거리 : 500km



NeCar 4  
75kW, 액화수소, 1999  
주행거리 : 300km



F-Cell  
72kW, 수소, 2002  
주행거리 : 150km



NeCar 4A  
75kW, 수소, 2000  
주행거리 : 160km

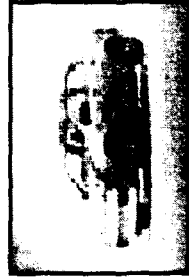
# Ford 개발 현황



개발 형태	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발라드, DC 와 공동 개발</li> <li>· 발라드 지원 20% 소유</li> </ul>	연료	수소
개발 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선행 개발 완료 → 양산 준비 단계</li> <li>· 양산 투입을 위한 신뢰성 평가 단계</li> </ul>	관심 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수소저장 기술 개발</li> <li>· 연료전지 하이브리드화 기술 개발</li> </ul>
생산 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2004년 : 50대 규모로 시장 진입</li> </ul>		
조직 / 인원	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Think Group 소속, 700명이 EV, HEV, FCEV 개발중 (발라드 1600명)</li> </ul>		



Ford P2000  
75kW, 수소, 1999  
주행거리 : 160 km



Ford Focus  
75kW, 수소, 2000  
주행거리 : 160 km



Mazda Premacy  
65kW, 메탄올, 2001

# GM 개발 현황



개발 형태	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 자체개발</li> <li>. 도요다와 연료분야 협력관계</li> </ul>	연료	. 가솔린, 수소
개발 수준	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 선행 개발 완료 → 양산 준비 단계</li> <li>. 양산 투입을 위한 신뢰성 평가 단계</li> </ul>	관심 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>. 수소저장 기술 개발</li> <li>. 연료전지 성능 개선</li> <li>. 가솔린 연료변환기 개발</li> <li>. 시스템 신뢰성 평가 (저온, 고지 등)</li> </ul>
생산 계획	. 2010년 : 본격 양산		
조직 / 인원	. Global Alternative Propulsion CTR 소속, 450명		



Opel Zafira  
50kW, 메탄올, 1998



GM Precept  
90kW, CH, 2000



Opel Hydrogen3  
80kW, 액화수소, 2001  
주행거리 : 400km



Chevy, S-10  
80kW, 가솔린, 2001



HyWire  
90kW, 수소, 2002

# 도요다 개발 현황



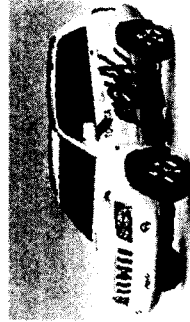
개발 형태	· 자체개발 · 지엠과 연료분야 협력관계	연료	· 가솔린, 수소
개발 수준	· 선행 개발 완료 → 양산 준비 단계 · 양산 투입을 위한 신뢰성 평가 단계	관심 분야	· 수소저장 기술 개발 · 생산기술 개발, 원가절감 · 연료전지 하이브리드화 기술 개발 · 시스템 신뢰성 평가 (저온, 고지 등) · 가솔린 연료변환기 개발
생산 계획	· 2003년 : 20대 소량 시험 생산 · 2010년 : 본격 양산		
조직 / 인원	· FC 개발센터 소속 (FC기획실, FC 개발부, FC 생기부), 450명		



RAV 4 FCHV 1  
25kW FC / Ni-MH,  
메탄올, 1997



RAV 4 FCHV 2  
25kW FC / Ni-MH,  
수소저장합금, 1998



Kluger FCHV 3  
90kW FC / Ni-MH,  
압축수소, 2001  
주행거리 300km



Kluger FCHV 4  
90kW FC / Ni-MH,  
압축수소, 2001  
주행거리 300km



# 혼다 개발 현황

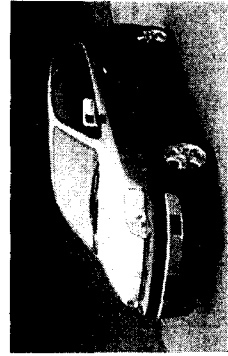


개발 형태	· 자체개발과 <b>Out Sourcing</b> 을 이용한 공동 개발 병행	연료	· 수소
개발 수준	· 선행 개발 완료 → 양산 준비 단계 · 양산 투입을 위한 신뢰성 평가 단계	관심 분야	· 수소저장 기술 개발 · <b>BOP</b> 국산화 개발, 원가절감 · 시스템 신뢰성 평가 (저온, 고지 등) · 연료전지 하이브리드화 기술 개발
생산 계획	· 2003~4년 : 30대 생산 (임대 운행)		
조직 / 인원	· 도치기 <b>R&amp;D CTR</b> 소속, 300여명		



FCX 1 (EV Plus)  
60kW, 수소(MH), 1998

FCX 2 (EV Plus)  
60kW, 메탄올, 1999



FCX V4 (EV Plus)  
60kW+수퍼캡, 압축수소, 2001  
주행거리 : 355km



# IV. 국내 연료 전지차 개발 동향 및 당사 개발전략



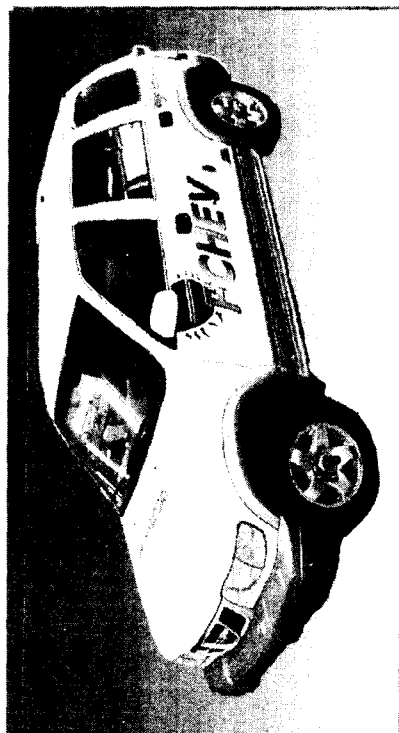
## 4.1 국내 연료전지자동차 개발 현황

연 도	개 발 내 역
1999년	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 2kW급 고분자전해질 연료전지 개발 (KIST, 현대차)</li> </ul>
2000년	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 10kW급 고분자전해질 연료전지 개발 (에기연, KIST, 현대차)</li> <li>▶ 10kW급 연료전지 시스템 개발 (현대차)</li> <li>▶ 10kW급 메탄올 연료변환기 개발 (SK)</li> <li>▶ 스포티지 메탄올 연료전지 하이브리드 자동차 개발 (현대차, 대우차)</li> <li>▶ 산탄페 수소 연료전지 자동차 개발 (현대차)</li> </ul>
2001년	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 25kW급 고분자전해질 연료전지 개발 (KIST, 현대차)</li> <li>▶ 25kW급 연료전지 시스템 개발 (현대차)</li> <li>▶ 25kW급 메탄올 연료변환기 개발 (SK)</li> </ul>
2002년	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 25kW급 연료전지 하이브리드차량 개발 (현대차)</li> </ul>



스포티지 메탄올 연료전지자동차 (2000)

스포티지 FCHEV

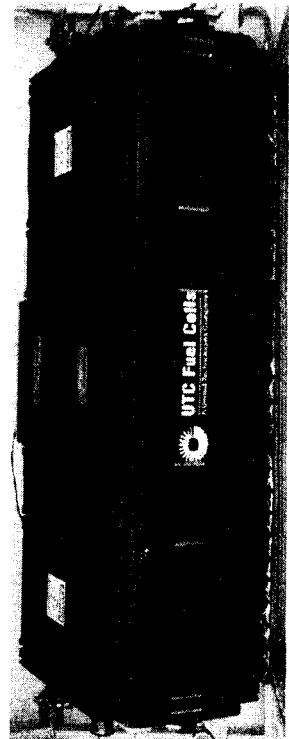


Power Train	12kW FC + 60kW 모터
차량중량	2200 kg
전지	Ni - MH, 105 Ah 312 V
연료	메탄올
최고속도	126 KPH
가속성능	18.7 sec (0 → 100 KPH)
주행거리	380 km 이상

▶ 국내 최초 메탄올 연료전지 자동차



싼타페 수소 연료전지 자동차 (2000)

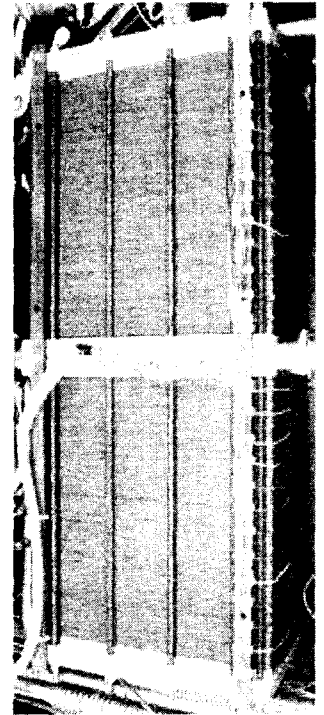


Motor	3-phase AC/65kW
Acceleration	17 sec(0→100km/h)
Top Speed	124 km/hr
Cruising Range	160 km
FC Power	75 kW
H2 Storage	72L, 350 bar
Emissions	Water Vapor only





## 메탄올 연료 전지 자동차 (2002)



차량 무게	1,850kg
최고 출력	55 kW
연료 전지	PEM (25kW)
배터리	NIMH (30kW)
최고 속도	124 kph
주행 거리	350km ~ 420km
연료	메탄올
연료 탱크	103 l
모터	3상 교류 / 60kW
배터리 용량	6.5 Ah (288V)
전압	240 ~ 360 볼트 (직류)
개질기 수소 출력	25Nm <sup>3</sup> /h

▷ 독자 개발 25kW 연료 전지 적용



## 4.2 연료전지차 개발전략

구분	'01	'02	'03	'04	'05	'06	비고
연료전지차	캘리포니아 시범운행(~'03.12) '01.4	소량 생산	소량 생산	50kW급 차량	80kW급 차량	80kW급 차량	<ul style="list-style-type: none"> <li>소량 생산 : 50대 ~ 100대/년</li> <li>2010년 본격 양산</li> </ul>
연료전지 버스		25kW급 차량		차량 개발	차량 개발 및 국내 시범운행		

연료전지차량 관련 주요부품 및 Infra 개발

- 해외 연료전지 전문회사와 공동개발 추진
- 본격 양산 대비한 자체기술 개발
- 국내 부품 전문업체 육성

## 연료전지차 개발 방향

- 상용화를 위한 표준화 추진
- 양산성 확보를 위한 지속적 차량평가

- 연료전지 실용화 Project 등 적극 참여
- 주요 자동차 회사와 주기적 정보교환 회의 실시
- 연료전지 산업 표준화 프로그램 참여 (SAE, ISO, IEA 등)