



현대-기아 수소연료전지자동차

2008. 11

현대-기아자동차
임태원

제목	현대-기아 수소연료전지자동차
----	-----------------

- | | |
|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none">1. 수소연료전지차2. 해외 및 국내 개발 동향3. 현대-기아 수소연료전지차 개발 현황4. 녹색성장의 구현 |
|--|--|

■ 수소연료전지차 출현 배경

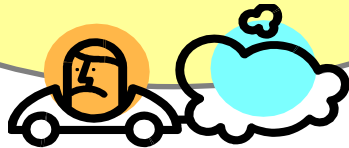


HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

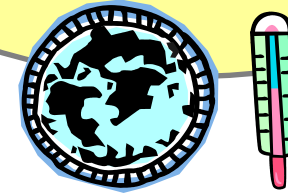
북미 배기가스 규제

무공해차 의무 판매



유럽 CO2 규제

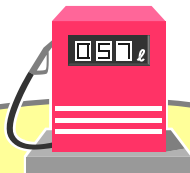
지구온난화



Green Car
(HEV, EV, FCEV)

석유 자원의 고갈

대체 에너지 개발



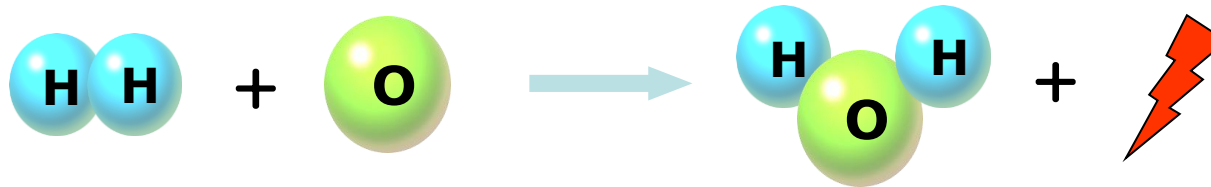
자동차 산업의 지속적 성장

신 성장동력

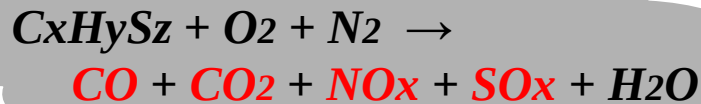


■ 수소연료전지와 내연기관 비교

연료전지 : 수소와 산소를 반응시켜 전기를 생성하는 일종의 발전기 - 물 전기분해의 반대

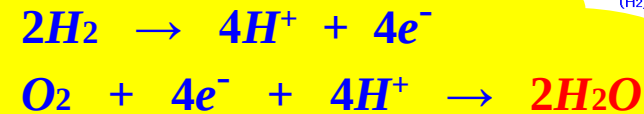


Carnot 내연기관

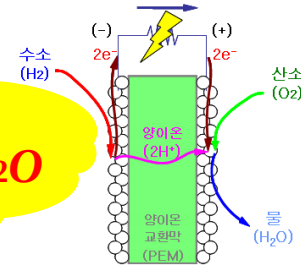


(화석연료의 연소반응)

연료전지



(수소와 산소의 전기화학반응)



내연기관차

- 동력기관
- 연료
- 효율
- 배기물질

엔진, 트랜스미션

화석연료

20 ~ 30%

CO₂, HC, CO, NO_x, SO_x

연료전지차

연료전지, 모터

수소

50 ~ 60%

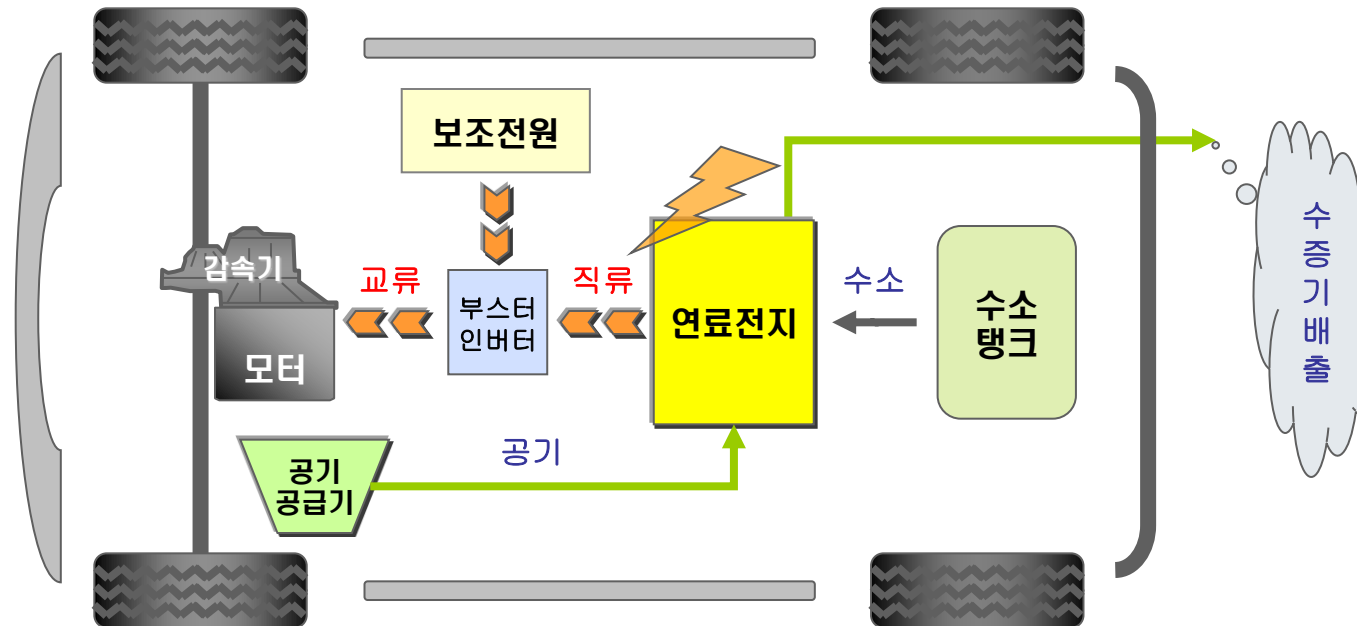
수증기

→ 비화석연료

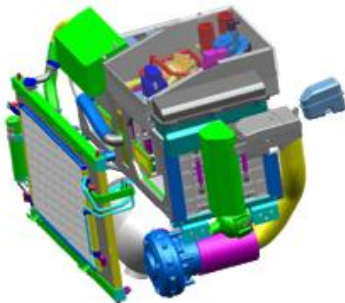
→ 높은 효율/연비

→ 무공해

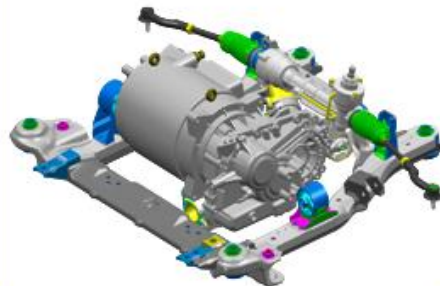
■ 수소연료전지차 구성 및 원리



연료전지시스템



e-D/T 시스템



보조전원시스템



수소저장시스템



■ 수소연료전지자동차의 구성 및 원리 (동영상 : 1분46초)



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

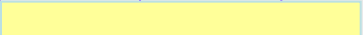
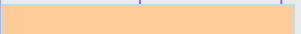
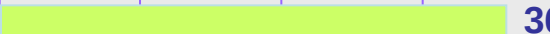


■ 수소연료전지차 개발 효과



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

	Well-to-Tank (Fuel Prod. η %)	Tank-to-Wheel (Vehicle η %)	Well-to-Wheel (Total η %)			
			10	20	30	40
Gasoline ICE ¹⁾	88	18	 16			
Diesel ICE ²⁾	89	22	 20			
Hybrid Vehicle ³⁾	88	30	 26			
Electric Vehicle	26 ⁴⁾	80	 21			
Fuel Cell Vehicle	70 ⁵⁾	52	 36			
FCEV (Goal)	70	60	 42			

1) Gasoline Internal Combustion: 128kW, AT; 2) Diesel internal Combustion: 94kW, AT; 3)Hybrid: Internal Combustion + Electric

4) The art of state; 5) Natural gas to Hydrogen

	주행비용		CO ₂ 배출량 (g/km)
	현재	향후(2015)	
가솔린 내연 기관	150원 / km	300원 / km	140 ~ 240
연료전지	60원 / km	25원 / km	0

- 중형차 (현재 1,500원/ℓ, 2015년 3,000원/ ℓ ,10km/ℓ) 기준
- 수소가격 (현재 5,000원/kg, 2015년 2,500원/kg, 세전) 기준

■ 친환경자동차 시장 전망



HYUNDAI · KIA MOTORS

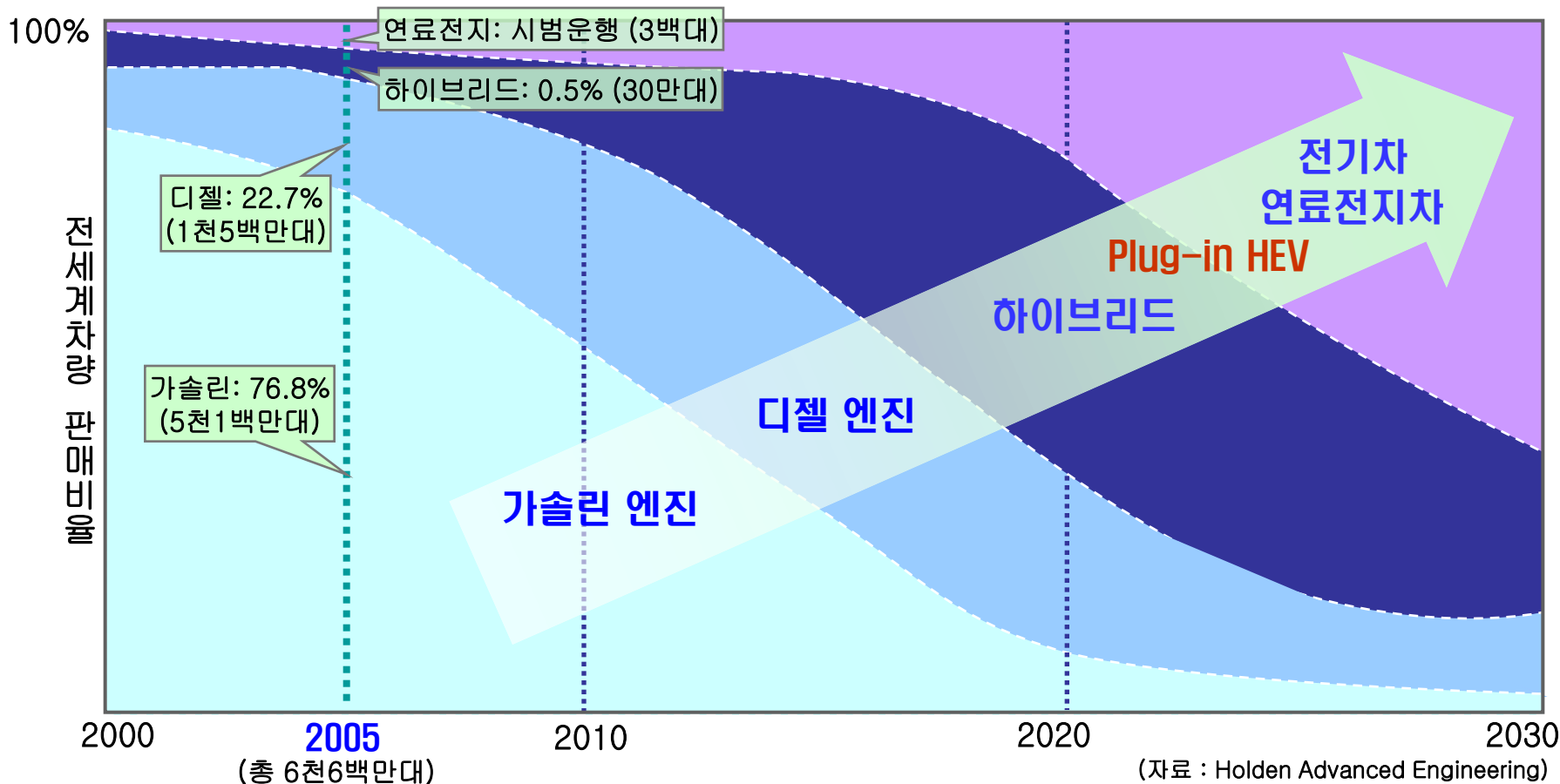
경영학회 / 2008.11.07

가솔린엔진

디젤 엔진

하이브리드

전기차/연료전지



환경 규제 강화 및 에너지 문제 등으로 하이브리드를 포함한 친환경차 시장 급속 성장

■ 각국 정책과 연료전지 산업화 로드맵



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

- 온실가스감축 프로그램과 연계하여 로드맵 구축

- 2020년 본격 상용화를 목표로 지원정책 추진 중



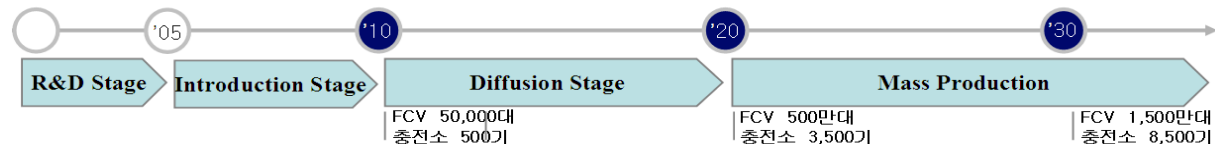
• CCTP (Climate Change Technology Program, '07.11)

에너지에 대한 강력한 정부 리더십 + CA의 확고한 환경정책 → 수소연료전지차의 상용화를 선도



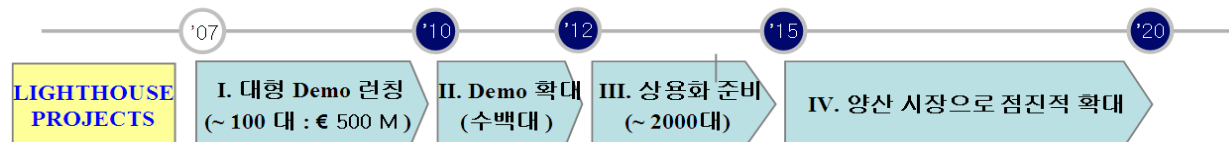
• Cool Earth – Innovative Energy Technology Programme ('08.04)

정부의 적극적, 체계적인 육성 정책 + 민간의 조직적 대응 (FCCJ 등) → 수소연료전지차 초기시장 및 기술표준 선도



• SET Plan (Strategic Energy Technology Plan, '07.11)

수소연료전지차 기술플랫폼 발표 (2005) → 대형 정부/민간 공동협력프로그램을 통한 상용화 추진 (JTI 프로그램)



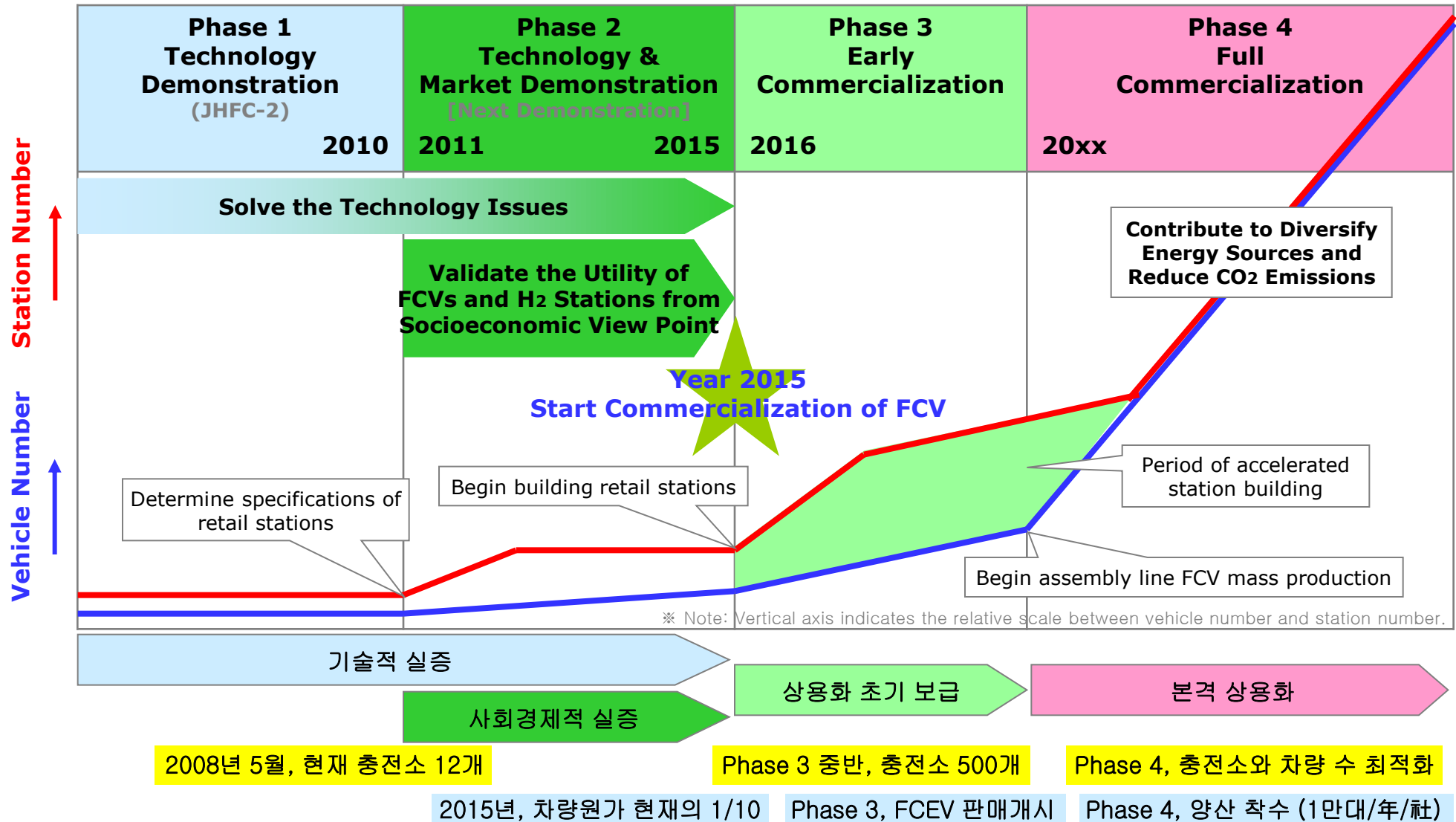
■ 사례 : 일본 수소연료전지차 산업화 전략



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

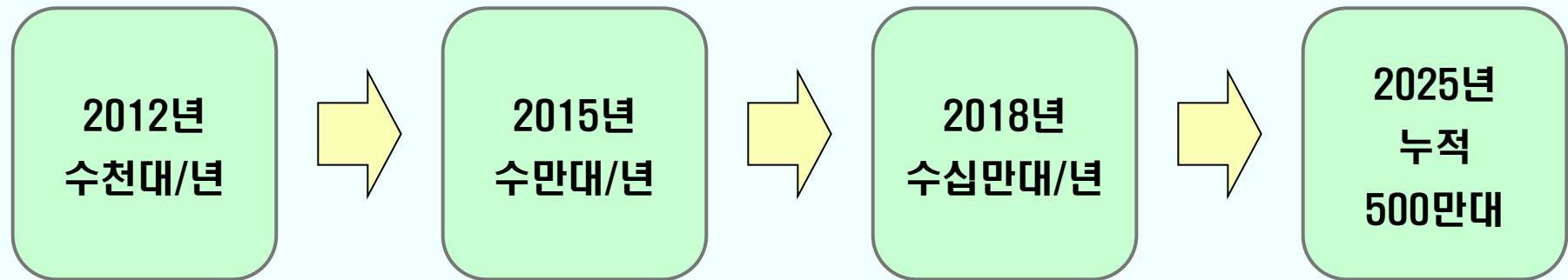
FCCJ, Commercialization Scenario ('08. 06)



※ 100만대/년 양산시 원가 1/10 절감

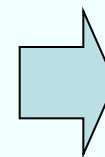
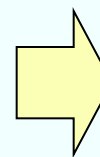
■ 2015년 성능 및 설계원가 목표 달성 후, 2020년 전후 본격 판매 예상

HEV 시장 규모의 12년 후행 시나리오로 각종 인센티브 정책 검토 中 [美 에너지부]



정부 주도 시장 육성

(수소 인프라 구축, 차량 보급 정책, 기술 개발 지원)



민간 주도 시장 확대

자료 : 美 에너지부 (Department of Energy)

■ 한국 수소경제 Vision 2030 (2007, 지식경제부)



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

2003 ~ 2012

연구개발 및 초기보급

- 정부정책 지원하의 실증/보급시기
- 국내 수소에너지 점유율 ▶ 0.03%

'03-'05

'06-'08

'09-'12

기술개발 ▶ 실증적용 ▶ 시장진입 및 확대

- 분산발전 (250-1000kW) 400MW 보급
- 상업용 (10-50kW) 80기
- 가정용 (3kW 이하) 10,000기

- 수소충전소 10기
- 연료전지차 (FCV) 500대
- 연료전지버스 (FCBus) 20대

2013 ~ 2020

시장형성

2021 ~ 2030

시장확대

2031 ~ 2040

수소경제 진입

- 기술개발의 완성 · 수소인프라 확대 · 자발적 시장형성

연료전지 발전 점유율

- 분산 발전 1,000MW
- 상업용 2,000 기
- 가정용 100,000 기

10%

15%

연료전지차 시장 점유율

- 수소충전소 500 기
- 연료전지차 (FCV) 50,000 대

15%

50%

▲ 화석연료, 분산형 수소충전소

▲ 중앙공급식 수소생산

▲ 재생에너지 활용

▲ 정부기관 주도 시장형성

▲ 공공기관/지자체로 시장확대

▲ 연료전지차 민간 판매

▲ 대도시 중심의 Fleet 운영

▲ 주변 위성도시로 운행지역 확대

▲ 전국에서 운행

■ 수소연료전지차 개발 현황 및 계획



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

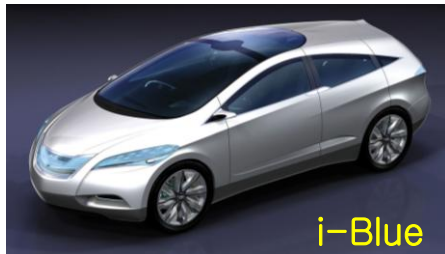
회사	연료전지차	생산계획 [▼ 시범운영, ◆ 소량생산, ★ 양산]								현황 및 계획
		'06	'08	'10	'12	'14	'16	'18	'20	
현대	 FCX Clarity('07) - FC 전용플랫폼		◆					★		• 2002.12 리스판매 (美, 日) • 2008년 FCX Clarity 신규 리스 100대 ✓ 2012년 생산목표, '18년 대량양산 예정
도요타	 FINE X 컨셉 ('05) - FC 전용플랫폼			◆			★			• 2002.12 리스판매 (美, 日) • 2010년대 초반 1,000대/년 • 2015년 50,000대/년, \$5만/대
GM	 Sequel 컨셉 ('05) - FC 전용플랫폼		◆	☆					★	• 30여대 운행 & 시험 中 (美, 日, 한국 등) ✓ 2007년 EQUINOX 100대 보급 예정 • 2020년 수십만대 생산
DCX	 F600 ('05) - 자체 스택 적용				◆		★			• 100 여대 운행 中 (美, 日, 유럽, 싱가포르) ✓ 2012년 일반에게 연료전지차 판매 목표 ✓ 2015년 5만대 규모 양산 계획
포드	 Explorer ('06)						★			• 30여대 운행 中 (美, 캐나다) • 승용/SUV로 차종 이분화 • 2015 양산 준비 中
니산	 X-Trail FCV ('06)		◆							• 미국, 캐나다 일본에서 시험평가 中 • 2004년 리스판매 (日, 공공기관) ✓ 2007년 리스판매 (日, 민간택시회사)

■ 현대-기아 연료전지차 개발 이력



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07



i-Blue

2008 ~

- 모하비 FCV (115 kW급)
- 차세대 FCV (시범보급용)

2007

- 투싼 FCV-II (100 kW 독자개발)
- 초저상 FC-BUS II (200 kW 독자개발)
- I-Blue FCV (컨셉)

2005 ~ 2006

- 투싼, 스포티지 FCV (80 kW 독자개발)
- 초저상 FC-BUS (160 kW 독자개발)



국내 모니터링사업
(2006.08 ~ 2009.07)

2004 ~ 2005

- 투싼 FCV (80 kW)
- 스포티지 FCV (80 kW)



북미 DOE 시범운행사업
(2004.09 ~ 2009.08)

2000 ~ 2002

- 싼타페 FCV (75 kW)



CaFCP 참여
(2000.11 ~ 현재)



■ 현대-기아 연료전지차 개발 구도



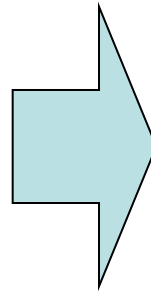
HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

- ❖ 전문업체와 공동개발을 통한 연료전지차 기술 Feasibility 평가 및 초기 경쟁기반 구축
- ❖ 핵심기술에 대한 독자 기술력 확보 / 양산을 대비한 부품 국산화와 부품 공급망 조기 구축
- ❖ 기술경쟁력 향상을 위한 글로벌 네트워크 강화 : 국외 실증프로그램 참여, 차량 상호평가, 표준활동

전문업체와 공동개발

- 연료전지시스템개발 : UTC Power
 - 75kW 싼타페 연료전지차 ('00.11)
 - 80kW 투싼 연료전지차 ('04.12)
 - 스포티지 연료전지차 ('05.06)
- 수소저장시스템개발 : 퀀텀/다이나텍
 - 350바 시스템 최초 적용 ('01.11)



연료전지 독자 / 국산화 개발

- 연료전지시스템개발 (1998 ~)
 - 80kW 스포티지 연료전지차 ('05.12)
 - 100kW 투싼 연료전지차 ('07.08)
 - 160kW 연료전지버스 ('06.11)
 - 200kW급 연료전지버스 ('07.03)
- 부품개발 인프라 구축 ('04.05 ~)
- 지경부 모니터링사업 참여 ('06.07~)



■ 공동개발 : 개발역량 집중을 통한 초기 경쟁력 확보

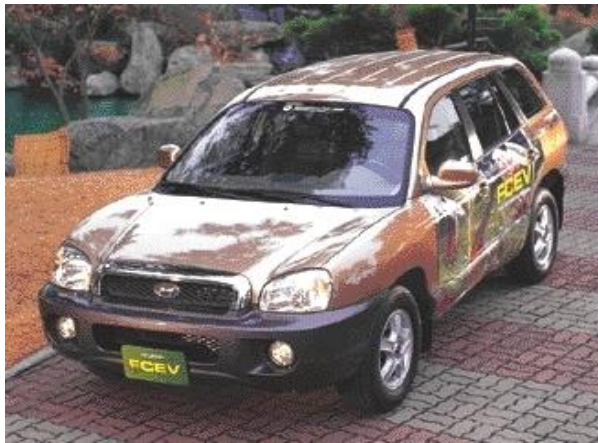


HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

싼타페 연료전지차 – 2000년

→ CaFCP 참여 (2000.11)



▶ 개발기간 : 2000. 4. ~ 2001. 2.

연료전지시스템	75 kW
수소저장시스템	350바 압축가스
최대속도	124 kph
가속성능 (0 – 100)	17.5 초
항속거리	160km
연비 (가솔린등가)	19kpl

투싼 연료전지차 – 2004년

→ DOE 시범운행 참여 (2004.12)



■ 실용성 및 상품성을 고려한 연료전지차

- -20℃ 이하에서 냉시동
- 연료전지 수명 1,500시간
- 동등한 실내 공간
- 운전 편의성 확보 (질소 퍼징 불 필요)
- 미 에너지부 시범운행 (32대) : '04.12 ~ '09.12

■ 독자개발 : 기술확보를 통한 지속적 시장경쟁력 확보



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

국내 실증평가용 연료전지차 / 연료전지버스 (2006)

Tucson/Sportage FCEV



Fuel Cell Bus



승용		GEN I (2006)	GEN II (2008)
사양	연료전지시스템	80 kW	100 kW
	보조전원장치	LiPB 전지 (20kW)	수퍼커패시터 (10F)
	구동모터시스템	40 kW/80 kW	50 kW/100 kW
	수소저장시스템	3.6kg @ 15C, 350 bar	←
성능	연비(혼합)	22.8 km/l	25 km/l
	항속거리	284 km	340 km
	최고속도	143 kph	152 kph
	가속성능	18.2 초	12.6 초

버스		GEN I (2006)	GEN II (2009)
사양	연료전지시스템	160 kW	200 kW
	보조전원장치	수퍼커패시터 (9.7F)	←
	구동모터시스템	120 kW/240 kW	←
	수소저장시스템	40kg @ 15C, 350 bar	←
성능	연비(혼합)	12 km/kg	←
	항속거리	380 km	←
	최고속도	74 kph	←
	가속성능	15 초	14 초

■ 독자개발 : 기술확보를 통한 지속적 시장경쟁력 확보



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

i-Blue : 연료전지 전용 플랫폼 (2012)

- 100kW급 금속분리판 적용 스택
- 연료전지시스템 효율 60%
- -30°C 저온 시동
- 균등한 무게 배분을 통한 조정 안정성 확보

주행거리	375 miles (600 km)
최대속도	106 mph (170 kph)
연료전지 파워	134 마력 (100 kW)
슈퍼 커패시터	450V / 100kW / 13 Wh/L
구동 모터	FR In-line 100 kW, RR In-wheel 20 kW×2
연료	Hydrogen (700 Bar)



■ 기술개발 성과 및 기술 수준



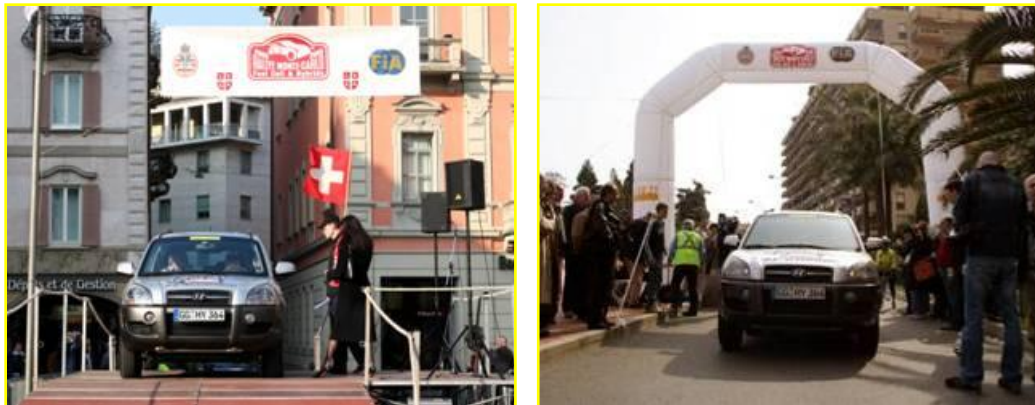
HYUNDAI·KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

- Participating in Michelin Challenge Bibendum (2001, 2003, 2004)



- Participating in EVS21 Monte-Carlo Rally (April 2nd, 2005)



→ 2nd Rank (Fuel Mileage 1st : 80 km/kg $\approx$ 21.3km/l)

Best in Class Technology in Michelin Challenge Bibendum (2007)

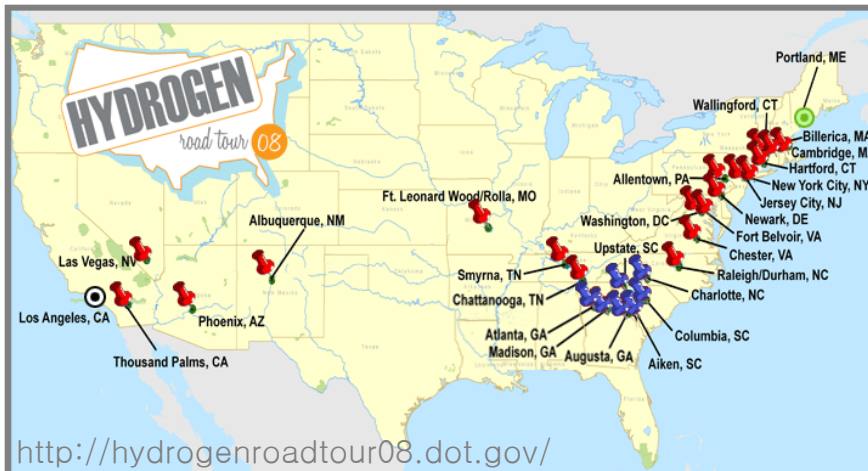


Manufacturer	Noise	Emission	Fuel Economy*	CO ₂
Hyundai (FCEV)	A	A	A	A
Daimler (F-Cell)	B	A	A	A
Daimler (Hygenius)	C	A	-	A
GM (Equinox)	C	A	B	A
Nissan (X-trail)	B	A	C	A
Ford (Edge)	C	A	C	A
Chery (EaStar)	B	A	C	A
SAIC (Shanghai)	B	A	C	A
SAIC/VW (Passat)	C	A	C	A

* Fuel Economy is calculated after driving 171.7km during road rally.

Hydrogen Road Tour in NA ('08. 08)

- 개요 : 18개 주 31개 도시 방문, 북미 횡단 (8/11 ~ 8/23)
- 주관 : DOE, DOT, NHA, CaFCP
- 참여 : BMW, Daimler, GM, Honda, Hyundai-Kia, Nissan, VW, Toyota



◎ 운행 구간

- 운행구간 : Portland in ME → MA, CT, NY, NJ, PA, DE, MD, DC, VA, NC, SC, GA, TN, MO, NM, NV, AZ → LA in CA
- 총 4,521 mile (운행구간 : 2,466 mile)
- 충전소 : 현지 충전소 11개, 이동식 충전소 12회



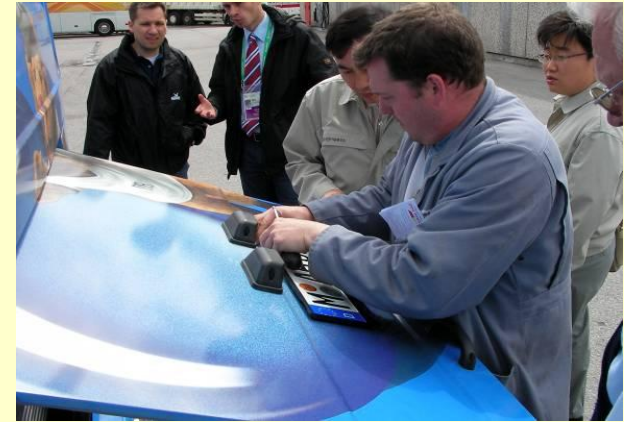
[Chino, HATCI 충전소]

◎ 투입 차량

- 투싼 FCEV (2대)
 - 독자개발 스택 장착
 - 전구간 운행
- 스포티지 FCEV (1대)
 - DOE사업 차량
 - 부분 구간 참여



2006 독일 월드컵 연료전지버스 운행



TUEV 인증 完 ('06. 5)



경기장 주변 셔틀 운행

- 美, DOE 연료전지차 Fleet 데모 프로그램 참여 (2004 ~ 2009)



- IPHE (International Partnership for the Hydrogen Economy) 지원 (2003)



- 캘리포니아 연료전지 파트너십 (California Fuel Cell Partnership, 2000 ~)



- 日, 연료전지 실용화 추진협의회 프로그램 참여 (2002 ~)



燃料電池実用化推進協議会
Fuel Cell Commercialization Conference of Japan

1. 운영 목적 :

① 북미 실 도로 및 User 운행을 통한 연료전지 차량 개발 Data 확보

② 차량 - 수소충전소 관련 안전 / 표준 / 법규 대응기술 개발

2. 투자 예산 : 1억불 (미정부 보조금 : 50%)

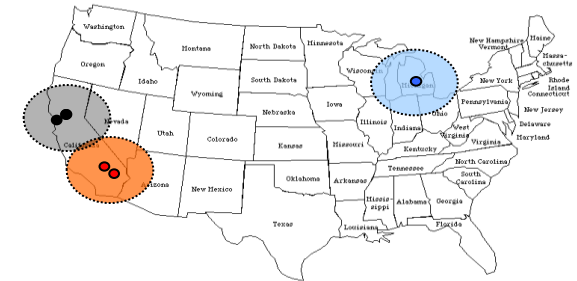
3. 운영 기간 : 2005. 5. ~ 2009. 9. (5년)

4. 운영 규모 : 총 32대 (FJM 16대 + FKM 16대)

3개 지역, 5개 기관 (충전소 6기)

530,000km 운행 중

운행 지역	운행 기관	차량 [대]	충전소 [기]
캘리포니아주 남부 (치노)	HATCI	5	1
	SCE	10	2
캘리포니아주 북부 (새크라멘토)	CARB	3	1
	AC Transit	9	1
미시간주 (앤아버)	US Army	5	1
3개 지역	5 기관	32 대	6 기



■ 국내 시범사업 참여 (지경부)

1. 기간 : 2006. 8 ~ 2009. 7 (3년, 차량 투입 기준)

2. 규모 : 승용 30대, 버스 4대

연도	승용	버스	충전소
1차년도	4	1	2
2차년도	8	1	2
3차년도	18	2	1

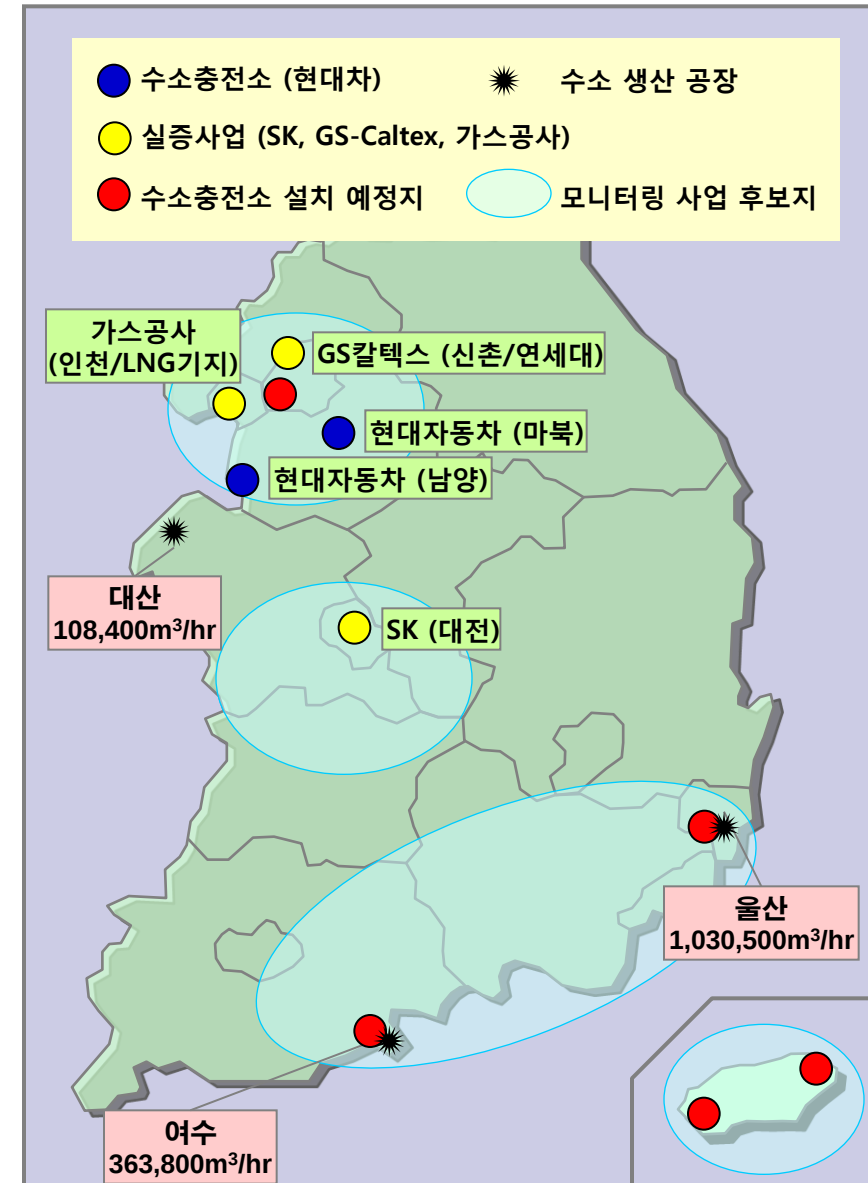


3. 수소충전소 : 8기 (5기 신규 건설)

- 실증사업 3기 (SK, GS-Caltex, 가스공사)
- 5기 신규 (서울 1, 제주 2, 경남 1, 전남 1)

4. 시범 지역 : 수도권, 중부권, 남부권 및 제주도

승용 12대, 버스 2대 운행 중 : 270,000 km

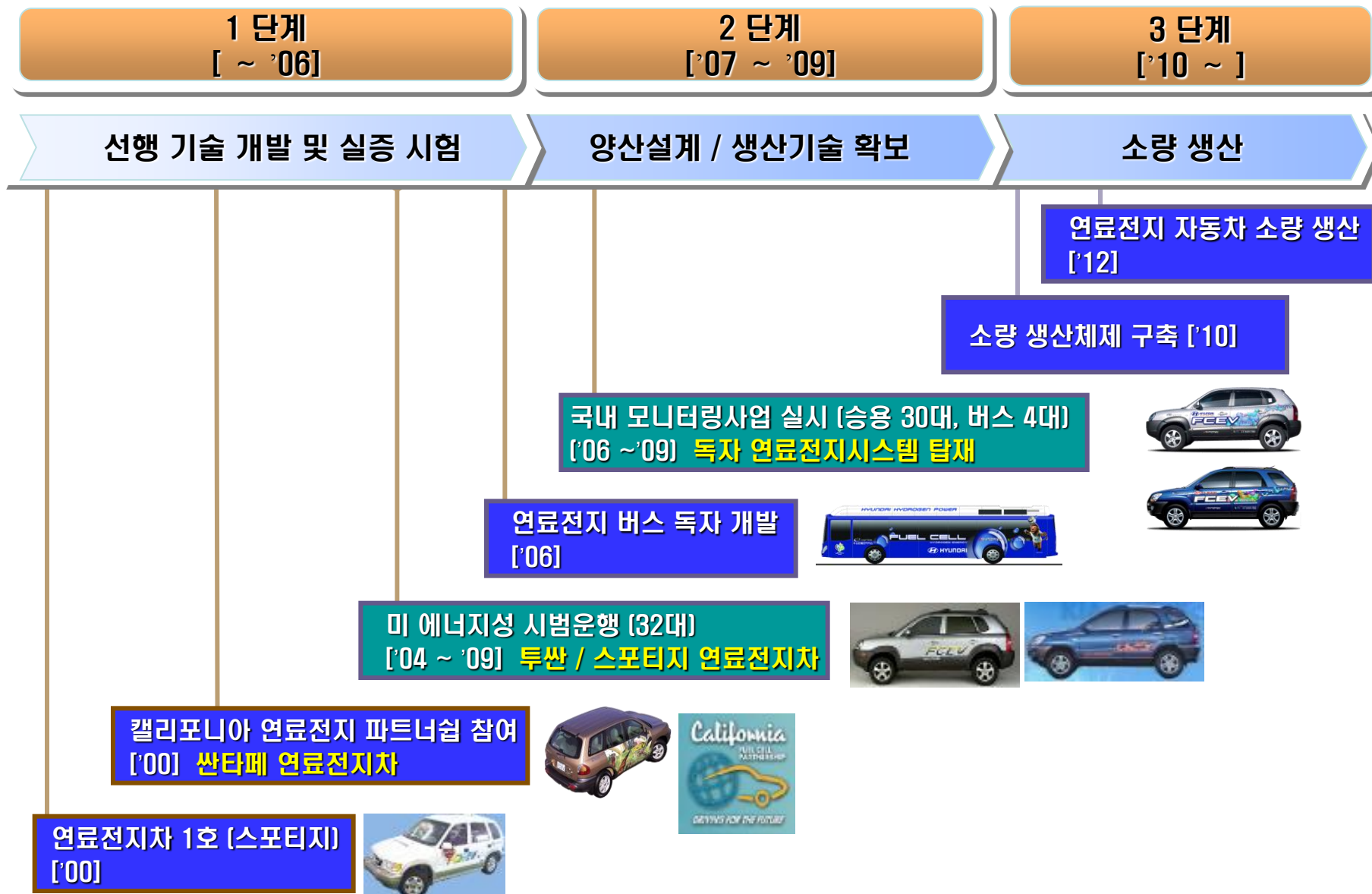


■ 현대-기아 연료전지차 개발 로드맵



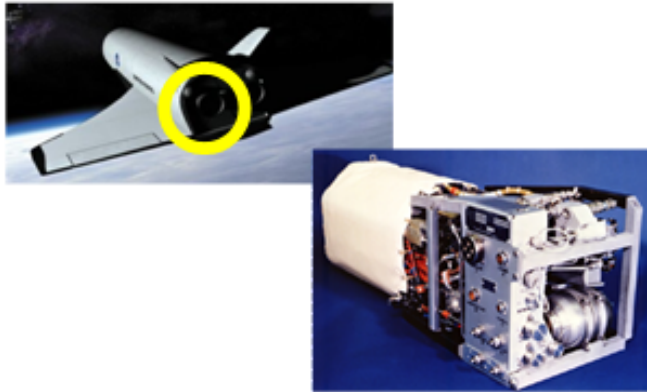
HYUNDAI·KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07



■ 차량용 연료전지시스템 개발 이슈

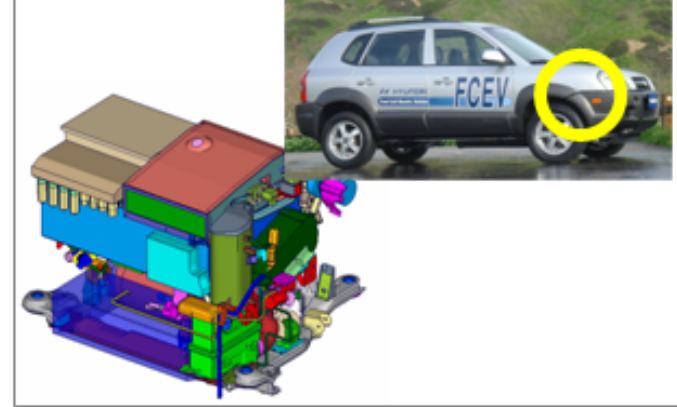
우주항공용 전력발생장치



차량용 품질 확보

- 성능 및 내구성
- 가격
- 부피 및 중량
- 안전성 (충돌, 수소)
- 상품성
- 품질 및 신뢰성
- 모듈화, 조립성

연료전지차량용 엔진



美, DOE 목표

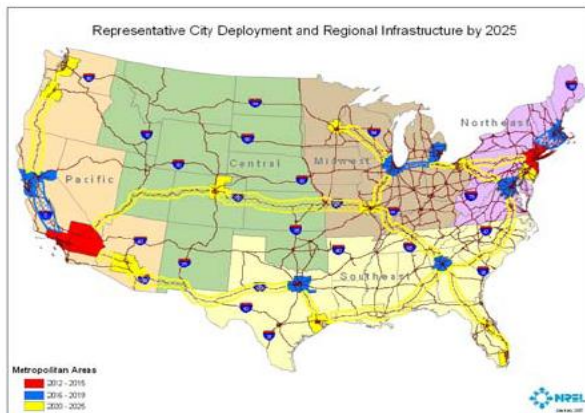
※ 500,000 FCEVs/년

구 분	현재 [2008]	목표 [2015]
연료전지시스템 내구성	3,000 hr	5,000 hr
연료전지시스템 가격	\$80/kW (8백만원/대)	\$30/kW (3백만원/대)
냉시동성	~ 120 sec	30 sec
귀금속 전극촉매 함량	0.7 g/kW (70g/대)	0.2 g/kW (20g/대)

※ 100kW 시스템 기준; 환율 - ₩1,000/\$

선진국에서는 수소경제를 위해 단계별 수소인프라 구축 사업 추진 중

미국



Source: Melendez and Milbrandt, 2007
[DOE, 수소인프라구축 시나리오 中]

- 수소인프라구축 3 단계 전략
 - '12 ~ '15 : LA와 뉴욕 중심
 - '16 ~ '19 : 북가주, 동부 주요도시
디트로이트, 달라스,
아틀란타
 - '20 ~ '25 : 전 주유소의 15% 확보
휴스턴, 피닉스, 덴버
St. Louise, 필라델피아

일본



[JHFC 1단계에서 동경 중심으로 12개소 설치]

- 수소인프라구축 3단계 전략
 - I. 대도시 주변지역
(동경, 오사카, 나고야)
 - II. 주변 대도시, 주변 위성도시와
연계
 - III. 일본 전지역 확대
- 실증 및 보급초기 단계에서는
수소인프라 구축 선행 (FCCJ '08)

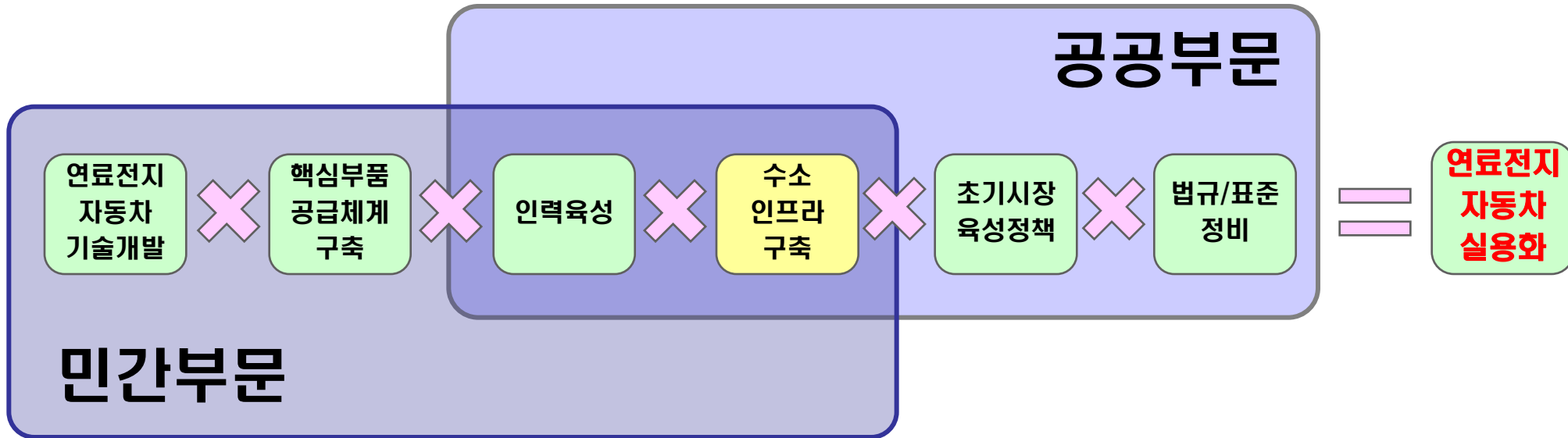
유럽



[HyFLEET & CUTE 프로그램 수행 지역]

- 각 지역에 맞는 수소생산 프로그램
 - CUTE 프로그램에서 버스 운행
도시에 적합한 수소인프라 구축
 - HyCHAIN, HyLights 등 다양한
FCEV 실증/시범운행과 연계한
수소인프라 구축

자동차 패러다임 변화 → 산업사회의 변화 → 미래 새로운 성장의 기회



연료전지자동차 실용화는 공공/민간 부문의 긴밀한 협력 체제 구축 필요

■ 수소연료전지차 실용화시나리오



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

※ 기본자료 : 신·재생에너지 RD&D 전략 2030 (에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2007. 11)

- 2009 - 2010 -

- 2011 - 2012 -

- 2015 - 2016 -

P1. 기반기술개발/실증

P2. 사회경제적실증

P3. 초기시장형성

P4. 시장확대/양산

- 기술개발 기반구축
- 핵심부품 국산화
- 실도로 Feasibility 평가

- 생산 기반구축
- 사용자의 기술수용성 평가
- 대규모 실증사업

- 초기 시장 육성
- 산업 성장모델 구체화
- 일반인 대상 한정보급

- 시장 확대
- 보급정책 본격 추진
- 민간 중심 개발 체제

모니터링 1단계

- 연료전지차 30대
- 연료전지버스 4대
- 수소충전소 10기
- 전문기관 중심 운행
- 수도권, 대전, 울산, 여수, 제주

모니터링 2단계

- 연료전지차 200대
- 연료전지버스 20대
- 수소충전소 20여기
- 공공기관 중심 운행
- Carbon Neutral 단지조성

시범보급 1단계

- 연료전지차 1,000대/년
- 연료전지버스 100대/년
- 수소충전소 (상용화수준)
- 공공기관 중심 운행
- 주요 대도시

시범보급 2단계

- 연료전지차 10,000대/년
- 연료전지버스 100대/년
- 수소충전소 (상용화수준)
- 일반인 운행
- 주요 도시 확대 (네트워크화)

■ 수소연료전지차 보급사업 효과 [2010년 이후]



HYUNDAI · KIA MOTORS

경영학회 / 2008.11.07

[1] 경제/환경적 측면

	2012년	2015년	2018년	2025년	비 고
차량 규모 [대/년]	1,000	10,000	10,000	120,000	
매출액 증가 [억원]	176	1,417	3,860	5조 4,907	
생산 유발 효과 [억원]	406	3,263	8,885	12조 6,396	생산유발계수: 2.302
고용창출 효과 [명]	489	3,948	10,751	152,938	고용창출계수: 1.21명/억원

	2012년		2015년		2018년		2025년		비 고
대기오염피해절감효과 [천ton/억원]	0.1	4	0.6	51	2.8	322	23.8	3,964	
이산화탄소저감효과 [천ton/억원]	3.1	5	38.3	52	214.6	342	2,379	3,798	
운행 비용 저감 효과 [억원]	9		153		2,021		2조 8,761		
원유 수입 대체 효과 [억원]	-		158		1,527		7,923		

[2] 사회적 측면

- ☑ Carbon Neutral 사회로의 진입 → 에너지 자립 가능성 확인
- ☑ 세계 최대 규모의 수소연료전지자동차 시범 보급 지역 육성 → 국가 위상 제고



감사합니다.