

수소·연료전지 기술개발 현황

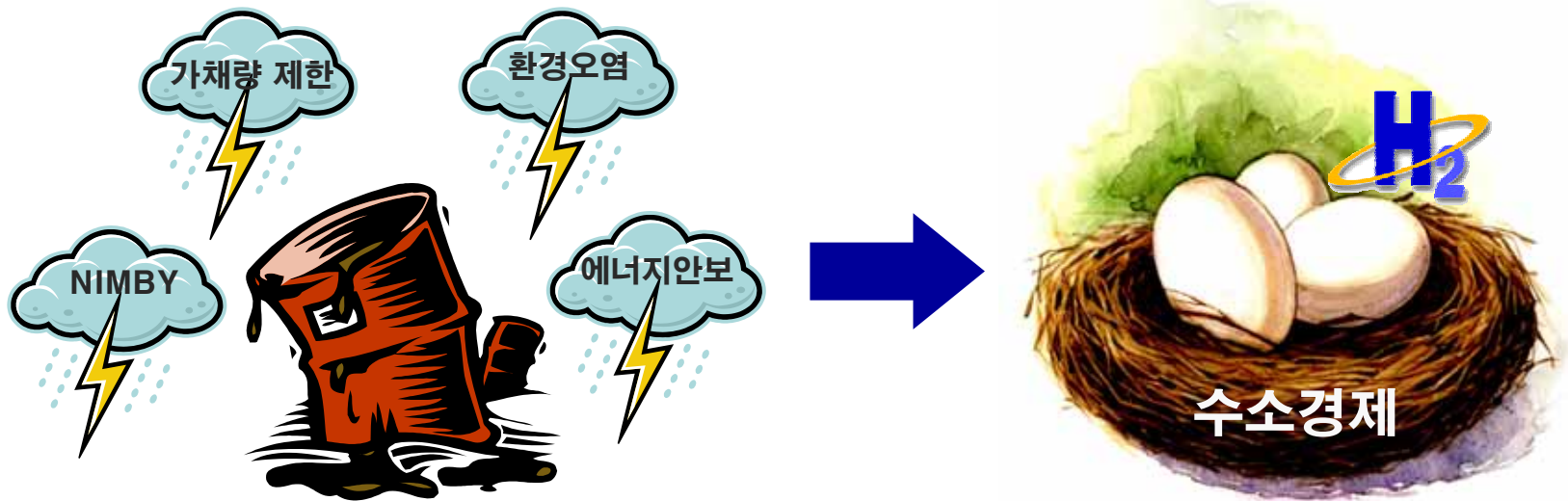
2004.1.16.

한국과학기술연구원

홍 성 안



수소경제사회의 부상

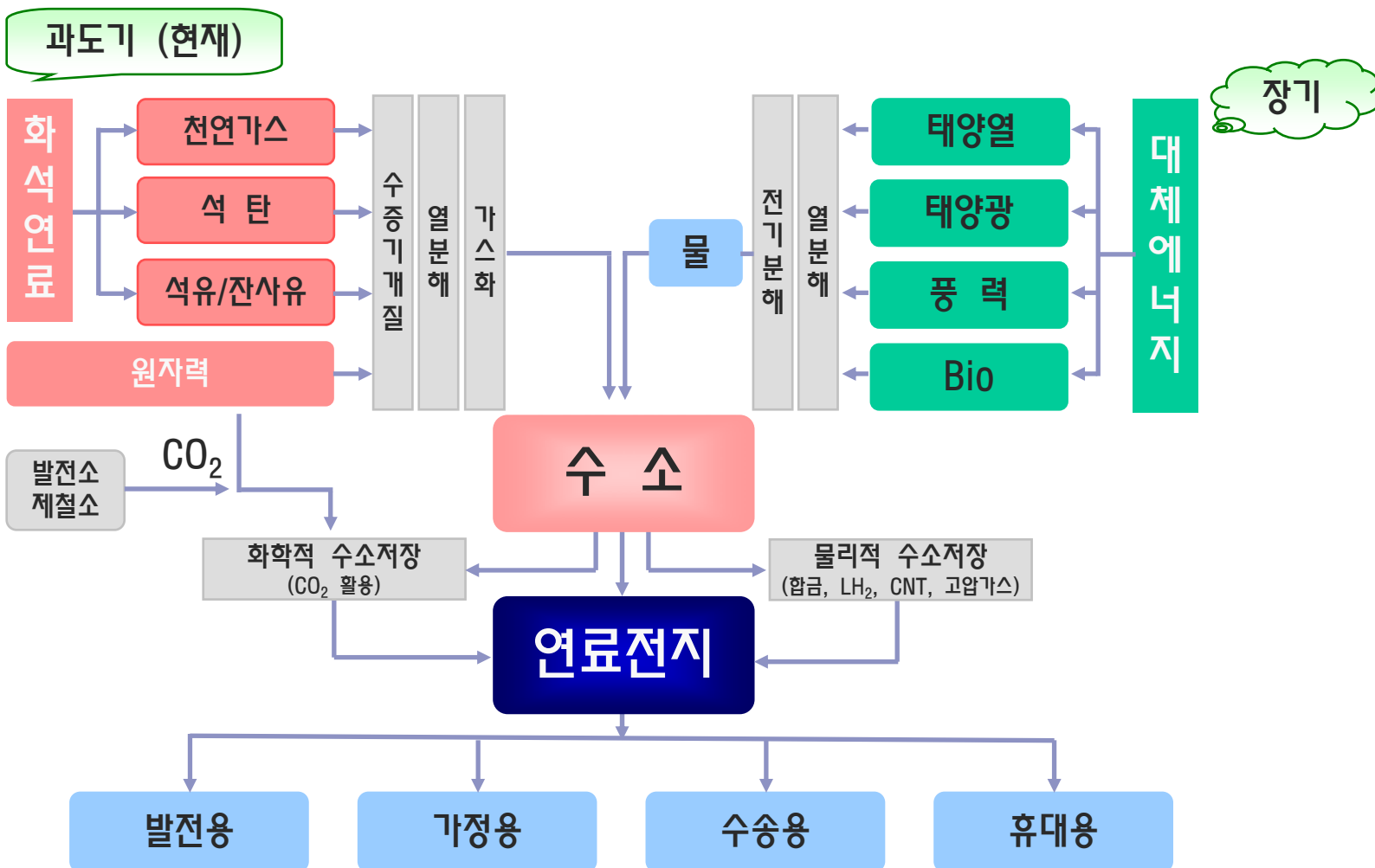


수소에너지 : 가시권에 있는 인류 에너지 문제의 유일한 대안 (수소경제)

연료전지 : 수소에너지 활용기술의 핵심기술

10대 차세대 성장동력

수소경제와 연료전지



미·일의 개발의지



“Hydrogen fuel cells represent one of the most encouraging, innovative technologies of our era.”
“Join me in this important innovation to make our air significantly cleaner, and our country much less dependent on foreign sources of energy.”

“수소에너지 개발에 \$ 1.2 billion 투자” (국정연설, '03.1)

**“연료전지 자동차와 가정용연료전지
시스템을 3년 이내에 실용화”
(고이즈미 총리 국회연설, '02. 2)**



수소 · 연료전지 관련 세계 현황



Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program

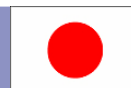
- ◆ 수소 생산 및 저장 기술
 - Freedom Fuel
 - 기간 : '03~'15
 - 예산 : 12억\$(향후 5년간)
- ◆ 운송용 연료전지
 - Freedom CAR
 - 연료전지 차량 기술
 - 기간 : '02 ~'10
 - 예산 : 5억\$(향후 5년간)
- ◆ 발전용/가정용 연료전지
 - 보급지원금 및 우선구매
 - SECA
- ◆ 휴대전원/군수용 연료전지
 - Micro Fuel Cell in DARPA
- 연료전지차 설계기준 및 수소인프라 안전법규제정



- 글로벌 수소 경제로의 전환 촉진을 위한 정부기구간 협력체
 - 난제들 공동해결
 - 표준 개발
 - 실용화 촉진을 위한 정책 및 기술가이드 수립



- 국제 협력을 통한 합리적인 에너지 정책의 촉진을 위한 OECD 국가간 협력체
 - 첨단연료전지기술 (MCFC, PEMFC)
 - 수소생산 및 이용기술



경제산업성 주관 하에 민관합동 개발:

신에너지법, 우선구매제도, 지역별 보급촉진 사업지원

- ◆ WE NET Program
 - 수소에너지의 안정성 및 인프라 개발 사업
 - 수소충전소 운영 (NEAA)
 - 예산 : 341 억엔 ('02년)
- ◆ Millennium Project
 - 연료전지 보급을 위한 기반 조성 사업
- ◆ JHFC Project
 - FCV 시범운행 (JARI)



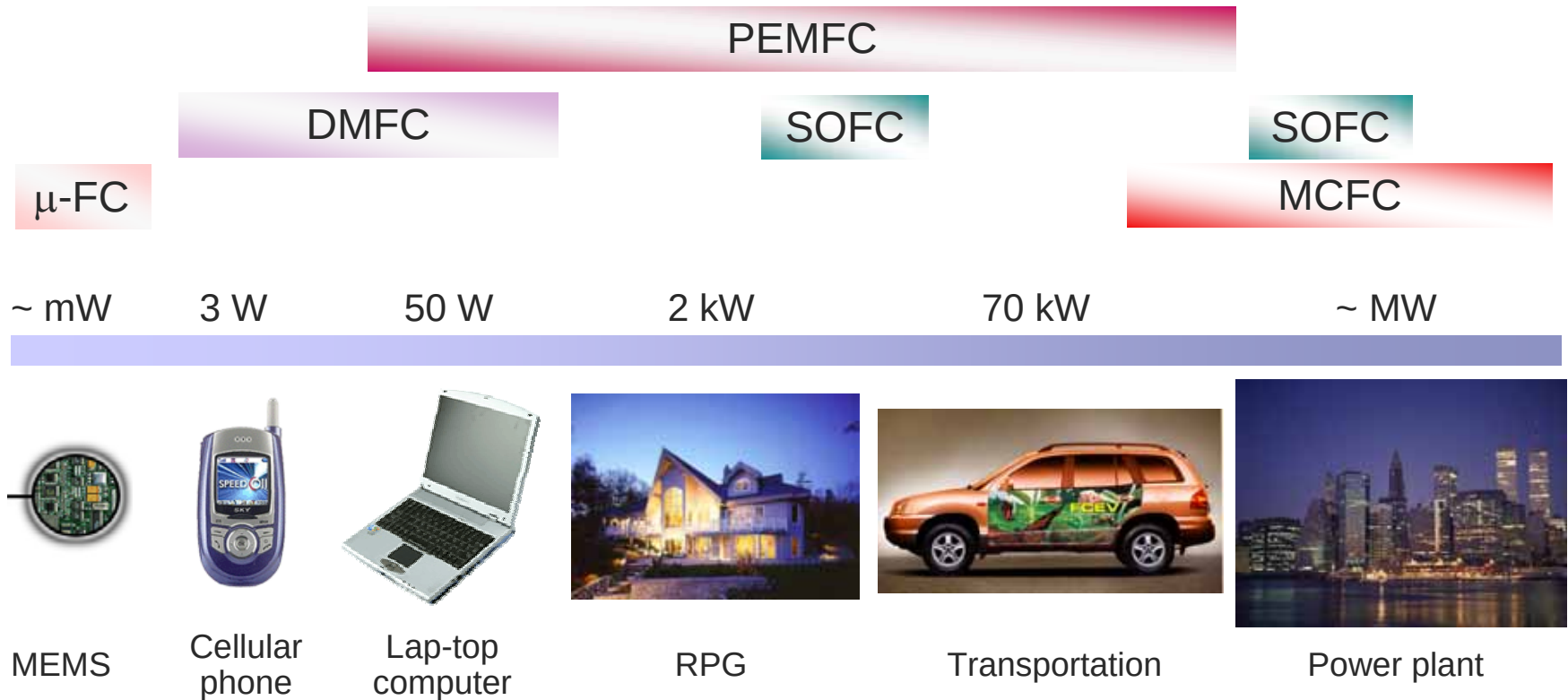
EU 전체의 공동 개발 보급 진행:

신재생에너지의 적극적인 개발 및 수소에너지에 대한 공동개발 참여

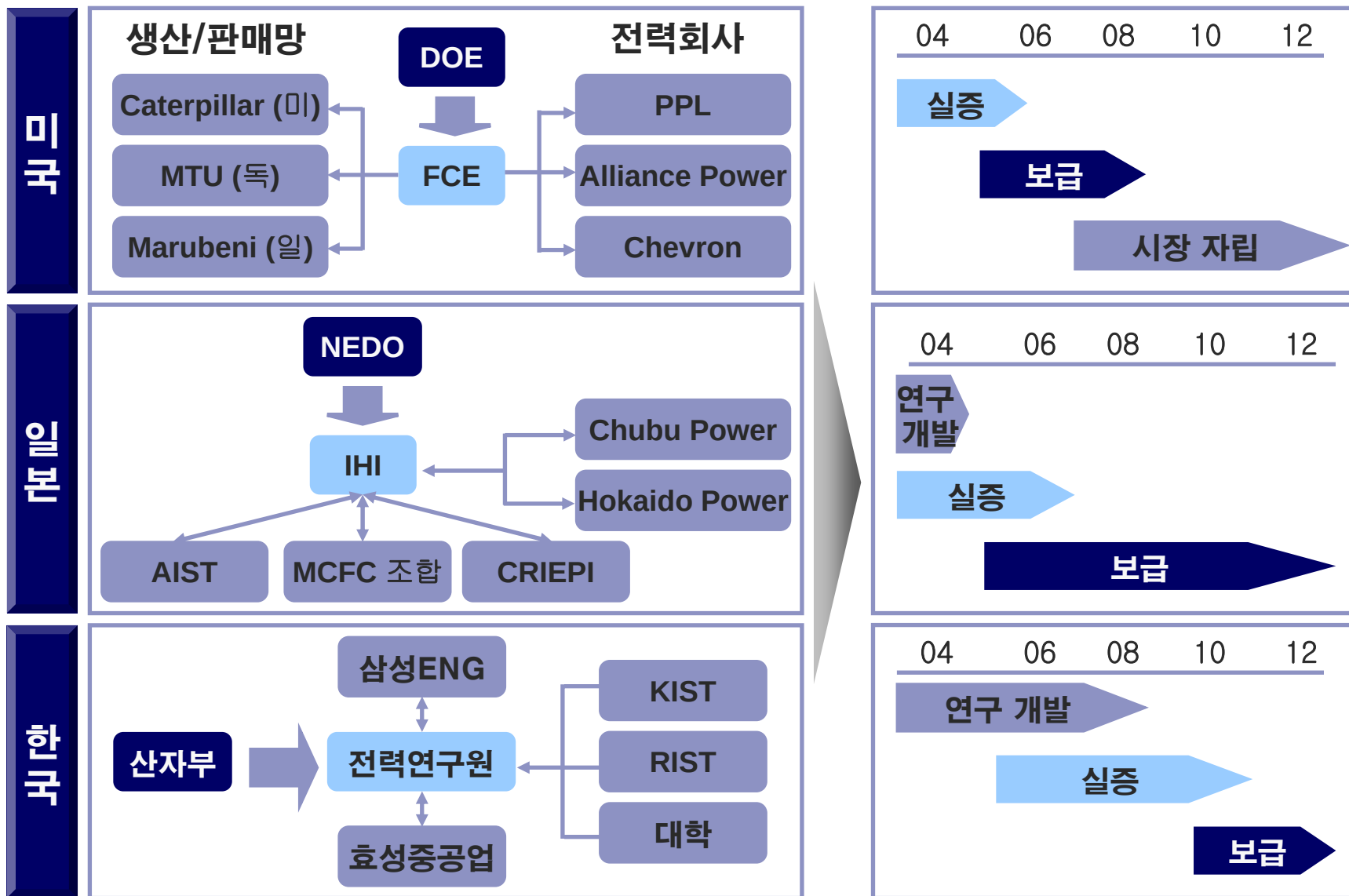
- ◆ Framework Program
 - 발전 및 운송용 연료전지 가격 절감
 - 수소제조 및 공급 인프라 등에 관련 기술 개발
 - '02~'07년 제6차계획
 - 예산 : 21.2억€
- ◆ CUTE, ECTOS 프로그램
 - 유럽 10개 도시
 - 30대 FC 버스 시범운행
 - 예산 : 9억\$



- ◆ 863 계획
 - 연료전지 시스템 개발
 - 기간 : '01~'05
 - 예산 : 1,500억원/년



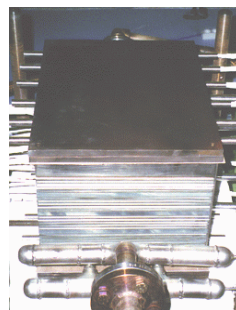
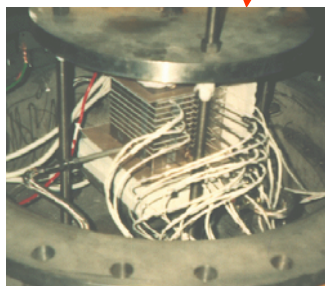
발전용 연료전지 (MCFC) 현황 및 전망



국내 발전용 MCFC 개발현황



		93	94	95	96	97	98	99	2000	2001	2002	2003	2004
1 단계		100W	1.5kW		2 kW								
2 단계	Phase 1						7 kW	25kW	6kW				
	Phase 2											100kW	

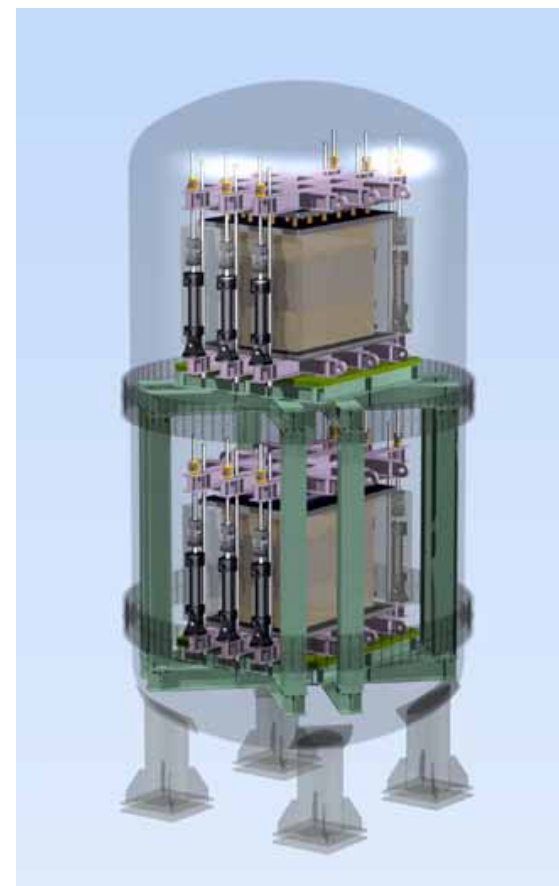


국내 발전용 MCFC 개발현황

◇ 25 kW급 MCFC system (2000)



◇ 100 kW급 MCFC 스택 설계



분산발전용 MCFC 투자 경제성 분석

기본 가정

- 시스템 효율: 90%
(발전효율: 45%, FCE 기준)
- 설치 보조금: 50% 차입 (연리 6.5%)
- 우선구매제도: 320원/kWh (5년),
50원/kWh (미적용시)
- 초기 설비투자비: 600만원/kW
(FCE 현재가 기준)
- 스택 교체기간: 매 5년
- 스택 비용: 240만원/kW(현재),
70만원/kW(5년후 교체시)

전제 조건

- BOP 상각년수: 16년
- 부대설비비용: 360만원/kW
- 연간 운전시간: 8,000시간
- 연료비 (LNG): 315.4원/Nm³
- 매출액: 전력 판매액 + 온수 판매액

◇ 시스템 가격에 따른 경제성 평가

단위: 백만원

500 kW	연간 발전량	매출액	영업이익	이익율	세후 이익
발전차액 적용	4,000 MW	1,599	879	55%	537
발전차액 미적용	4,000 MW	519	-200	-	-303

발전용 연료전지 개발사업 계획

목표

04

06

08

10

12

국내 개발

100kW 실증 > 250kW Prototype 개발 > 실증 > 보급

실증 공동연구 (FCE, MTU, Ansaldo)

경제성 검토 > 시스템 도입 및 실증 > 고유 모델 개발 > 보급

기술개발

04

06

08

10

12

국내 개발

기본 기술 > 상용 Prototype 개발 > 상용화 및 대형 시스템 개발

-구성요소 신뢰성 확보
-BOP 개발
-기초 공정 최적화

-구성요소 성능/신뢰성 향상
-저가 대면적 구성요소
-BOP 개발

-가격 저감 기술
-대량 생산 기술
-생산 설비 구축

사업운영

- 기업체 참여 유도
- 전략적 제휴 검토 (FCE, Ansaldo)
- System 및 BOP 기술의 선택적 outsourcing

사업단

실무위원회

주관기관

전력회사

기업

출연연

대학

수송용 연료전지 (PEMFC) 개요

분야	민생용	On-Site 용	승용차용	공공차량용 (버스)
출력규모	0.5-3 kW	30-200 kW	20-50 kW	20-250 kW
요구치 - 발전효율 - 수명 - 정지회수	- 30-40% - 6-10 만시간 - 수천회	- 30-40% - 4 만시간 - 수회	- 30% - 5,000 시간 - 1 만회	- 30% - 5,000 시간 - 수만회
기술과제	- 저가격화 - 저소음화	- 보수 간소화 - 열이용 향상	- 저가격, 경량, 콤팩트화 - 운전정지에 대한 내구성 - 물의 동결방지 - 가솔린 개질기술	
가격대	10 만엔/kW	15 만엔/kW	1-2 만엔/kW	5 만엔/kW
시장규모 (2010 년 일본)	500 억엔/년	500 억엔/년	2000 억엔/년	50 억엔/년

연료전지 자동차 개발현황

기업	생산계획		시제품
	소량생산	양산	
포드	2004	~2010	    
DC	2003	~2010	
GM	2005	미정	
도요타	2002	~2010	
닛산	2003	미정	
혼다	2002	~2010	
현대	2004	~2010	

• 기술 개발 수준

성능 확보 단계에서 제품 및 생산 기술 개발 단계로 진입

• 개발 차종

승용: 탑재성 유리한 SUV 중심

상용: 인프라 유리한 버스 중심

• 조기 생산을 통한 인프라 개발 촉진 및 시장 선점 추구

• 각종 시범 운행 사업을 통한 시장 접근 방안 탐색 중

(美 캘리포니아 연료전지 파트너쉽,
일본 연료전지 실증시험,
EU 연료전지버스 운행시험 등)

국내 연료전지 자동차 기술개발 현황

- 25kW급 연료전지 시스템 개발 (현대차)
- 25kW급 PEMFC 개발 (현대차, KIST)
- 25kW급 메탄올 연료변환기 개발 (SK)

2000



- 10kW급 연료전지 시스템 개발 (현대차)
- 10kW급 PEMFC 개발 (KIST, 현대차)
- 10kW급 메탄올 연료변환기 개발 (SK)
- 메탄올 연료전지 하이브리드 자동차 개발 (현대차, 대우차)
- 산타페 수소 연료전지 자동차 개발 (현대차)

2001



2002

산타페 메탄올
연료전지 자동차 개발

75kW PEMFC 개발
하이브리드 연료전지차
고운/고지 시험

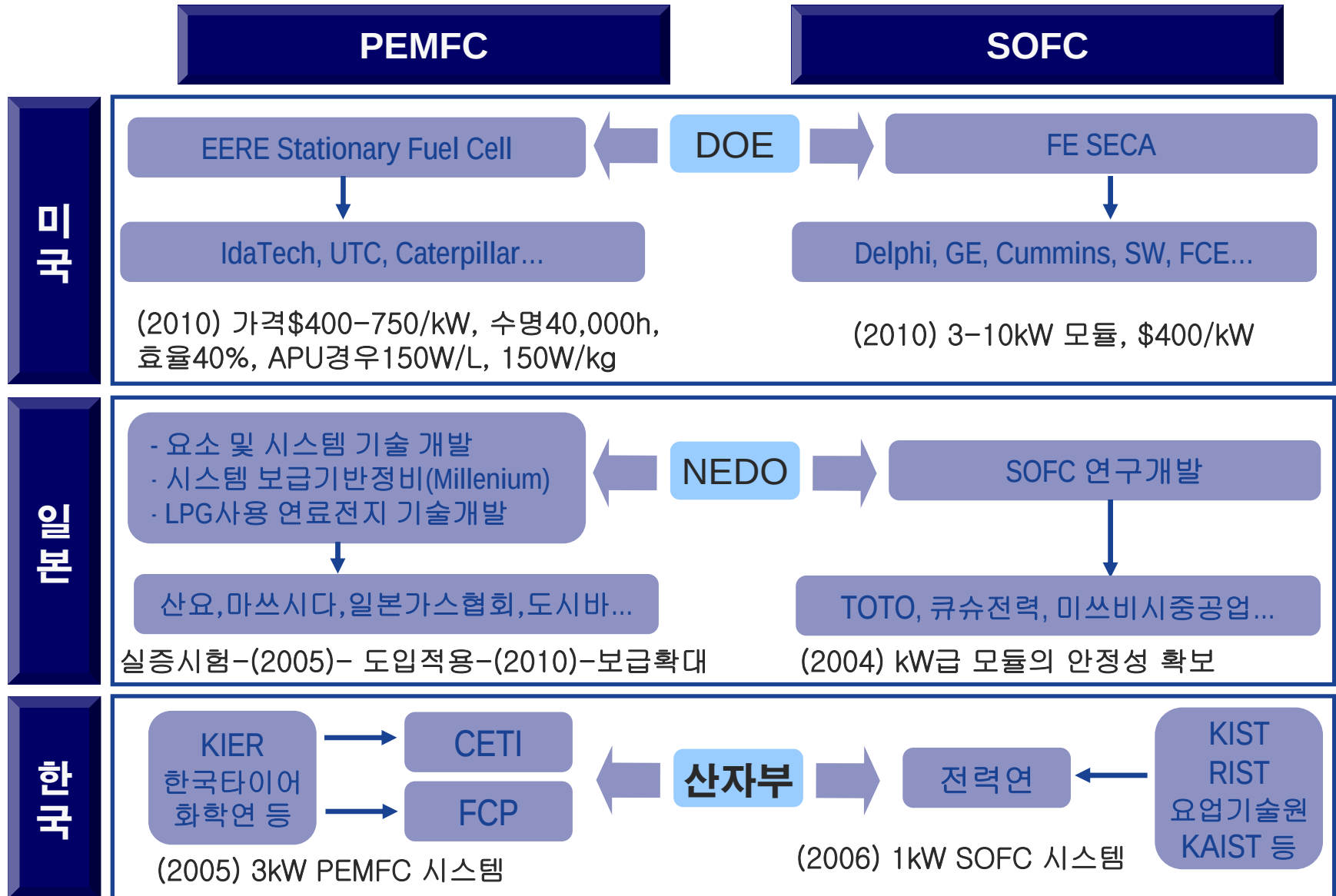
2003



수송용 연료전지 개발사업 계획

	04	06	08	10	12
목표	80kW 시스템 실증		상용화 기술 확립		보급
	스택 출력밀도 0.8 kW/L		1 kW/L		1.2 kW/L
	시스템 출력밀도 0.45 kW/L		0.55 kW/L		0.65 kW/L
	시동 가능 온도 0 °C		- 20 °C		- 30 °C
	수명 1,000 시간		3,000 시간		5,000 시간
	제작 단가 <2,000천원/kW		< 700천원/kW		< 100천원/kW
	보급		자동차 10,000대, 버스 5,000대		
기술 개발	시스템 기반기술 개발		상용 시스템 개발		시스템 특성 향상
	스택 신뢰성 확보		-전체 시스템 원가 절감		-내환경성 확보
	-시스템 소형화		-내구성, 신뢰성 향상		-안전성 향상
	-기본 제작 공정 최적화		-수소 탑재기술 확립		-정비성 향상
사업 운영	-기업체 주도				
	-국제공동 협력사업 활용 기술적 난제 해결				
	-연료전지 자동차 실용화를 대비하여 수소 제조, 저장, 공급 기술은 타 사업 연계 진행				
	-가정용, 휴대용 PEMFC와의 공통기술 공유에 의한 기술개발 가속화 추진				

가정용/상업용 연료전지 개발 현황 및 전망



가정용/상업용 연료전지 개발 현황

PEMFC system



Sanyo



Matsushita



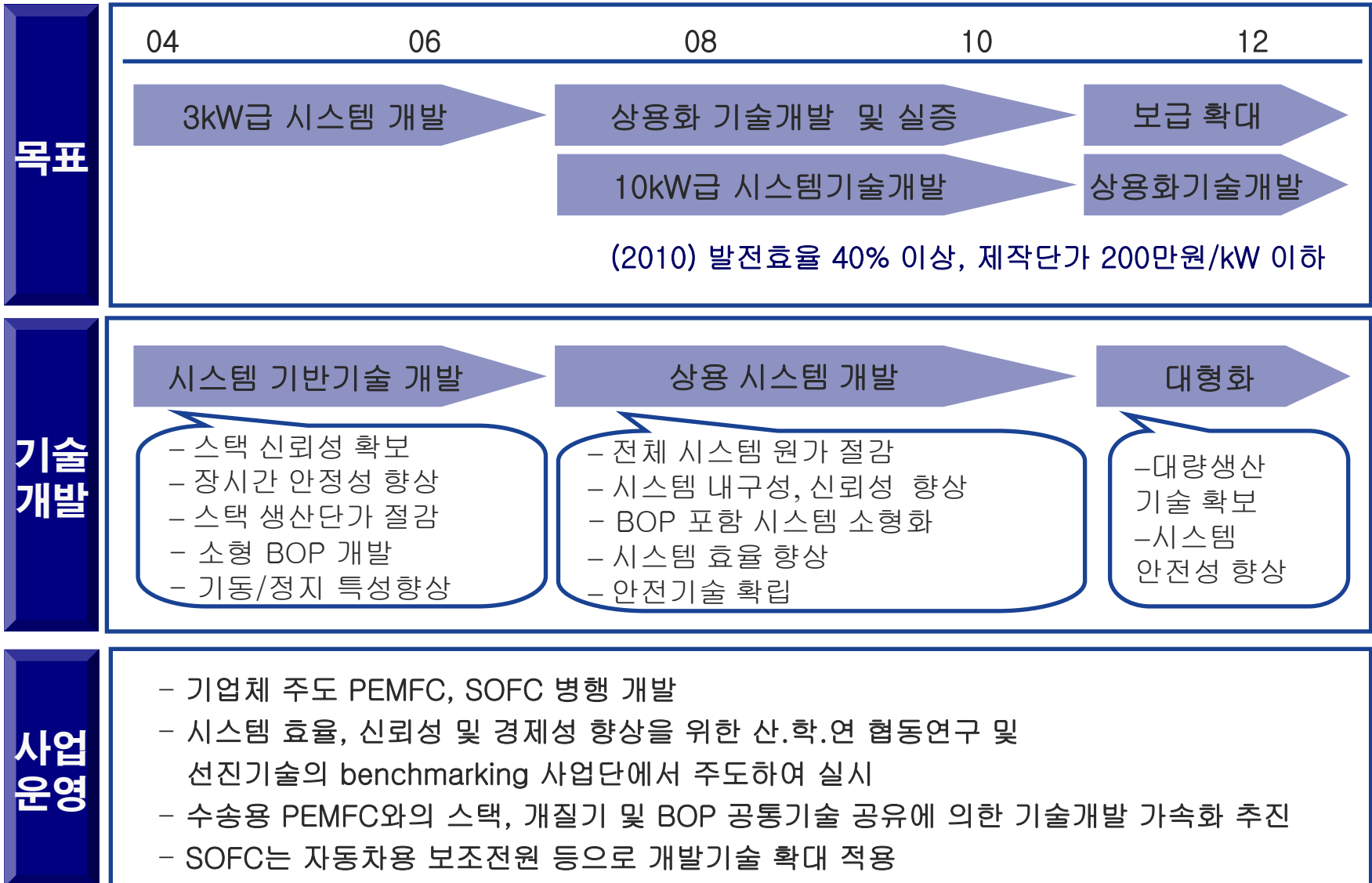
IdaTech

SOFC system



Sulzer-Hexis

가정용/상업용 연료전지 개발사업 계획



가정용 PEMFC 투자 경제성 분석

기본 가정

- 시스템 효율: 80% (발전효율: 40%)
- 설치 보조금: 30%
- 우선구매제도: 320원/kWh
- 추가유지 보수 비용: 없음
- 시스템 수명: 10년

전제 조건

- 가구당 전기사용량: 3,600kWh/년
(48만원/년)
- 가스사용량: 720Nm³/년 (33만원/년)
- 운전시간: 24시간/일
- 연료비 (LNG): 315.4원/Nm³
- 매출액: 전력 판매액

◇ 시스템 가격에 따른 경제성 평가

단위: 만원

시스템 가격 (만원/kW)	CASE 1		CASE 2		CASE 3	
	설치보조금 + 우선구매		우선구매 만		지원제도 무	
	이익/년	회수기간	이익/년	회수기간	이익/년	회수기간
3,000	235	8.9	235	불가	32	불가
1,000	235	3.1	235	4.3	32	불가
500	235	1.5	235	2.1	32	불가
300	235	0.9	235	1.3	32	9.5
200	235	0.6	235	0.8	32	6.2

휴대용 연료전지의 종류

연료전지형태

사용연료

장점

단점

직접메탄올
연료전지

메탄올

사용편리 연
료공급용이

저성능, 가격
전해질막, 촉매성능

고분자전해질
연료전지
(PEMFC)

연료개질기
(메탄올, 휘발유)

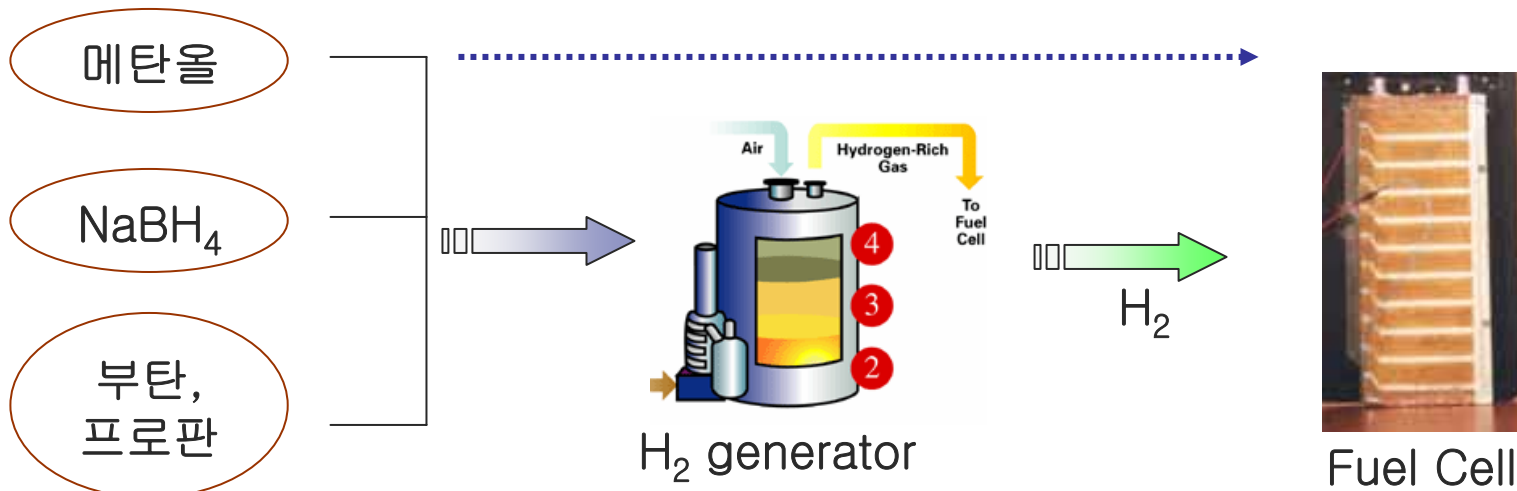
연료공급 용이

고온
CO 제거 문제

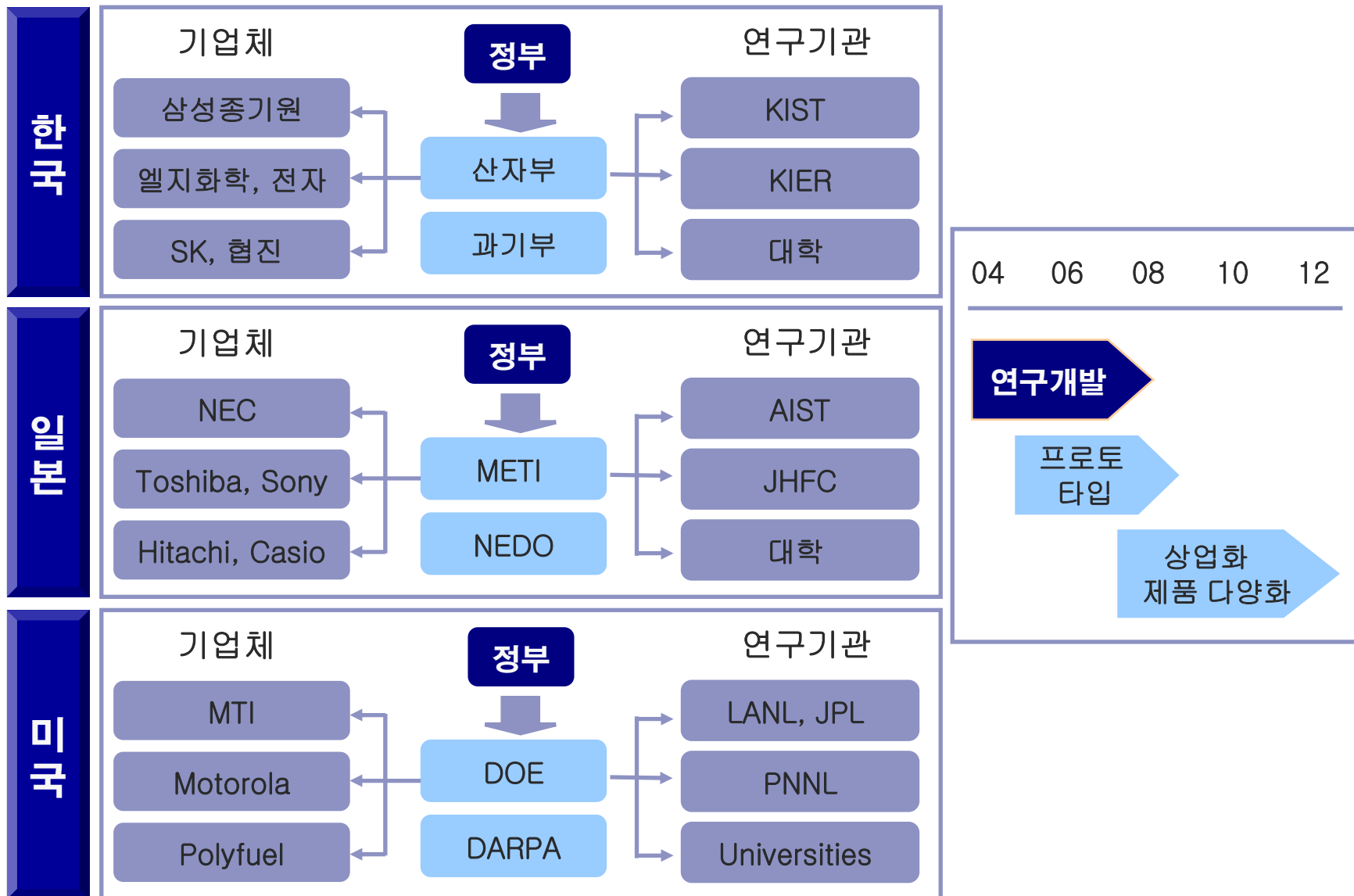
화학적 수소화물
(NaBH_4)

연료공급 용이

반응조절 난



휴대용 연료전지 연구 추진 현황

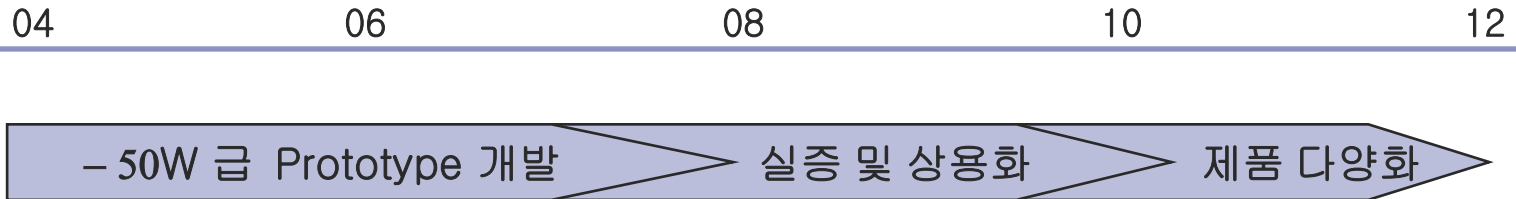


휴대용 연료전지 개발현황

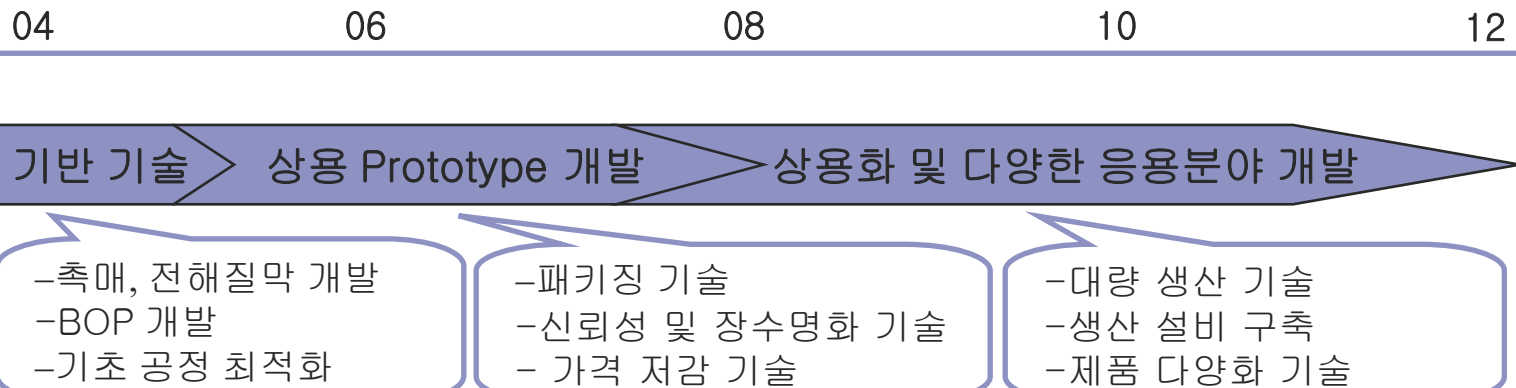
기업	예상상품	상용화 연도	시제품
Manhattan Scientifics	Chargers for cellular phones	2003	   
PolyFuel	Powers for cell phones, portable PC	2005	
Mechanical Technology Inc.	Cellular phones with fuel cells	2004	
Toshiba	Note books and mobile electronics	2005	
Motorola	Chargers/next-generation cell phones with fuel cells	2004-2006	
Smart Fuel Cell	Portable powers for consumer electronics and mobile electronics	2003	
Casio	Portable powers for consumer and mobile electronics	2005	
삼성종기원	휴대폰용 연료전지 시스템	2005	

휴대용 연료전지 개발사업 계획

목표

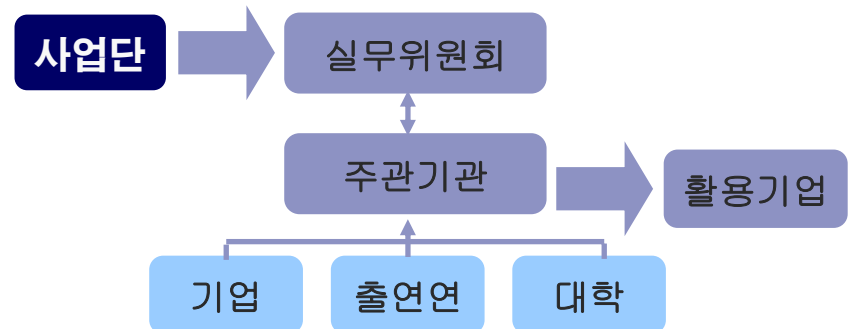


기술 개발



사업 운영

- 기업체 컨소시엄 구성 및 경쟁 유도
- 구성재료 기술 국산화
- 전략적 제휴 검토 (MTI, DMFCC)
- BOP 기술 outsourcing



수소 인프라 시범 사업 해외 현황



미국 SCAQMD 시범사업

- ◆ H₂, Fuel Cells & Infra-structure 기술개발사업 및 Freedom Car & Fuel 사업 연계
- ◆ 캘리포니아 남부에 20 여개
- ◆ 승용차 및 버스 운행 지원
- ◆ 대부분 전기분해 수소제조, 액화수소 저장 방식, NG 및 바이오매스 개질, 광촉매 등 적용 예정
- ◆ 시카고, 미시간, 네바다 아리조나, 펜실바니아 등으로 확장



일본 JHFC 사업

- ◆ 이전 WE-NET 사업 (2002 종료) 연계 도쿄 및 요코하마 지역 중심 총 10개 수소 충전시설 구축
- ◆ 연료전지 차량 34대 운행
- ◆ 나프타, 가솔린, LPG, NG 등 다양한 연료의 개질 방식 사용 6개소
- ◆ 제철소 부생가스, 액화수소, 전기분해 사용 충전소 및 이동식 수소 충전소 각 1개소
- ◆ 대체에너지의 적용은 아직 구현되지 않고 있음



EU CUTE, ECTOS 사업

- ◆ Framework(FP5) 프로그램 연계
- ◆ 유럽 주요 10개 도시
- ◆ 버스 30대 운행
- ◆ 대체에너지 적용 노력
- ◆ 전기분해 4개소
- ◆ NG 개질 3개소
- ◆ 액화수소 2개소

국내 수소 인프라 관련 개발 현황 및 과제

현대자동차

- 350bar 수소충전소 2001년 건립
- 이동식 수소충전소 2003년 도입 실험
- 700bar 수소충전소 2004년 건립 예정



고효율 수소에너지 제조·저장·이용기술 개발사업 (과기부 프론티어 사업, 2003-)

- 천연가스 이용 수소 스테이션 기술 개발 진행
- 전기분해, 광촉매, 열화학적, 생물학적 수소제조 기술 개발 수행
- 고압기체, 수소액화 기술 및 금속 및 화학 수소화물, 나노재료 수소 저장, 방출 특성 평가
- 수소 센서, 안전, 위험관리에 대한 기초연구 진행

향후 과제

- 수소에너지 기술개발 및 인프라 구축을 위한 국가발전계획 성안
- IPHE와 연계 수소기반 에너지 공급체계에 대한 국제공동 연구 수행
- 수소 프론티어 사업 보완 인프라 구축 상용화 기술 개발
- 수소 연료전지 자동차와 연계 인프라 기술 평가

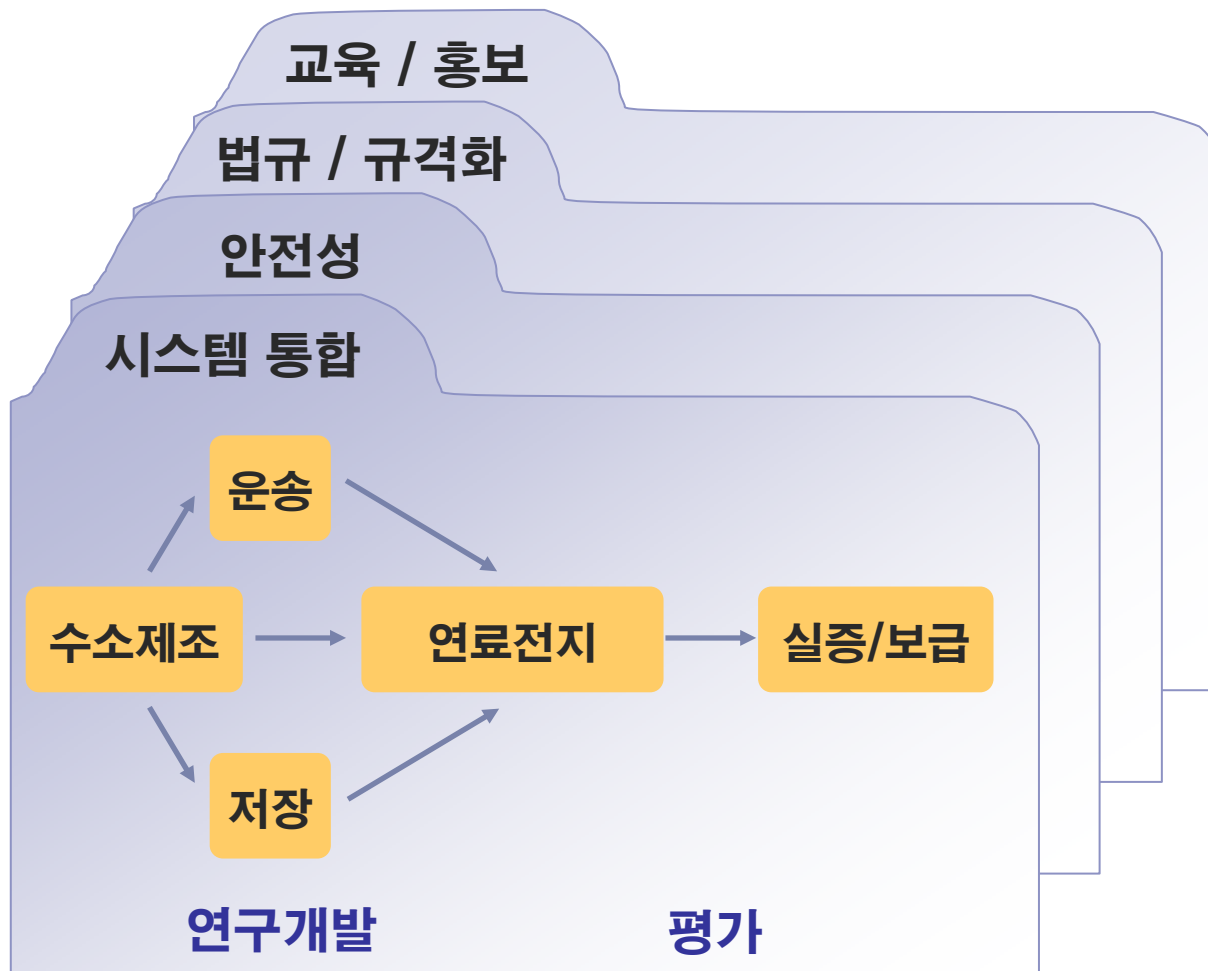
활용 방안

기술 개발 (예상 완성 년도)	활용 분야	활용 방안	추가 기술개발	기술이전 방안
250kW급 MCFC 발전 시스템 개 발 (2008)	분산형 발전소 대규모 전소 발	End User인 한전 및 중공업 회사 (예: POSCO, 한중)에 의한 실증 및 실용화	- 실증시험 - 정책연계 보급 - 가격절감 기술개발 (500만원/kW) - 수명향상 및 신뢰성 향상 연구 (40,000 시간)	중국, 동남아 등에 기술이전 가능
1~5kW급 가정 용/건물용 연료 전지 개발 (2006)	가정용/ 상업용 열병합 발전 보급	사업 주관기관 또는 가스회 사에 의한 실용화	- 실증시험 - 정책연계 보급 - 가격절감 기술개발 (200만원/kW) - 수명향상 및 신뢰성 향상 연구 (80,000 시간)	경쟁 기술개발 여하 에 따라 기술이전 가 능
자동차용 연료전 지 발전 시스템 개발 (2013)	연료전지 자동 차 및 버스, 수 송용 차량 개발	사업 주관기관에 의한 실용 화	- 가격저감 (7만원/kW)에 의한 보급 확대 - 연료전지 부품 국산화 - 수소 인프라 구축	기술 경쟁력 확보 여 부에 따라 기술이전 가능
휴대용 소형 연 료전지 개발	IT 제품 및 국방 .항공.우주용 동력원	기술개발 및 가격 경쟁력 여 부에 따라 기존 2차전지 대 체 또는 보완	- 가격저감 - 경박단소화 - 신뢰성 확보 - 수소 공급방법(PEMFC 경우)	기술개발 성숙도에 의하여 기술이전, 수 출산업, 수입대체, 고용증대 파급 효과 극대

수소·연료전지 보급 목표 (산자부)

구분	1단계('03-'05) 기술개발 및 신뢰성 확보	2단계('06-'08) 실증 적용	3단계('09-'12) 시장진입 및 확대
수소 스테이션	1	10	50
분산전원	누적 300기 (250-1,000kW)		
건물용(상업용)	누적 2,000기 (10-50kW)		
가정용	누적 10,000기(3kW 이하)		
수송용	승용차 10 버스 -	승용차 1,000 버스 100	승용차 10,000 버스 5,000

사업단의 운영범위



수소 연료전지 분야 기획 [안]

기획의 범위

- 수소 경제 지향 시나리오 제시 (장기)
- 연료전지 기술 보급 목표 달성을 위한 TRM 및 action plan
- R&D program 검토



수소·연료전지 신산업 창출

