

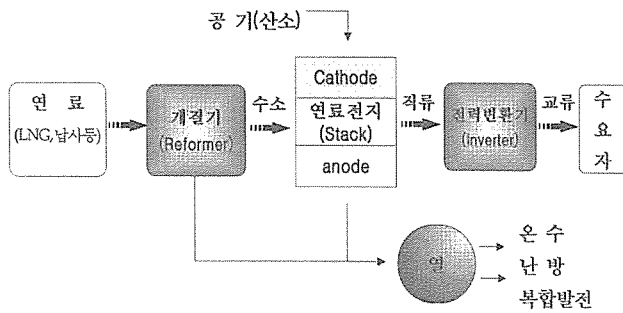
# 연료전지 개발 · 보급현황

## 1. 연료전지 개요

### 가. 개념 및 특성

- 연료전지는 수소(천연가스, 메탄올 등)와 산소(공기)의 화학에너지를 전기화학 반응에 의해 전기에너지로 직접 변환하는 발전장치로 전기와 열을 동시에 생산하는 기술

< 연료전지시스템 구성도 >



### □ 연료전지의 특징

- 공해배출이 거의 없는 무공해에너지 : 도심 건물내에 건설가능
- 획기적인 효율향상으로 대량의 에너지절약 : 열병합발전 가능
- 다양한 연료사용으로 석유대체에너지 : 천연가스, 석유, 물분해 등
- 적은면적과 단기간에 건설이 가능 : 발전소 입지선정 용이

### 나. 시장 전망

#### □ 실용화 전망

- 국내에서도 기본기술은 상당부분 확보하였으며 상용화를 위한 실증연구를 위한 많은 재원과 시간소요가 예상 됨.
  - 고분자연료전지(PEMFC)는 2004년도 상용화 진입가능

< 연료전지 종류별 실용화 전망 >

구 분	메탄올형 (DMFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체산화물형 (SOFC)	고분자전해질형 (PEMFC)
연 료	메탄올	LNG, LPG 메탄올	LNG, LPG 메탄올, 석화가스	LNG, LPG 메탄올, 석탄가스	LNG, LPG 메탄올
발전온도	20 ~ 80℃	220℃	650℃	800 ~ 1000℃	80℃
용 도	가정용 IT용	건물빌딩용	중·대규모 발전용	중·대규모 발전용	자동차 가정용 분산전원용
실용화 시 점 (국 내)	2004 (2007)	1999 (2006)	2005 (2008)	2010 (2015)	2004 (2006)

DMFC : Direct Metanol Fuel Cell  
 MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell  
 PEMFC : Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell

PAFC : Phosphoric Acid Fuel Cell  
 SOFC : Solid Oxide Fuel Cell

□ 과 제

- 상용화를 위한 기술의 신뢰성 및 경제성확보를 위한 Prototype 실증연구를 위해 정책적인 지원 필요
  - 연료전지 수명향상, 소재개발, 생산단가 저감 등
- 복합기술인 연료전지 발전사업은 차세대 유망 산업
  - 80억 \$수출(세계시장 400억\$, '10) 및 연평균 증가율 : 약20%

운전을 통한 신뢰성확보와 cost-down에 중점

- 기술보유한 민간기업은 타국으로 상업적 기술 이전 추진
- 일본은 대도시의 에너지공급 및 해외에 기술 수출을 추진하고 있으며 기술은 미국이 앞서나 실용화는 일본이 선도 추세
  - 자동차용은 FCV 2003년 시판, 가정용은 2004~2005년경 상품화('10년 1.2GW 보급목표), 상가/건물용(30~50kW규모, '10년 0.9GW보급목표) 및 전력사업용은 2006년 상용화추진
- 유럽은 미국과 일본의 PEMFC, MCFC기술독점에 대한 방어적개념에서 고분자연료전지 기술개발에 주력

2. 선진국의 동향 및 전망

가. 기술개발 현황

- 1980년대부터 주요선진국에서는 연료전지 기술 개발을 위하여 정부주도로 막대한 자금투입으로 상당한 성과 달성
- 기술개발 추진현황
- 미국은 전력사업용, 수송용, 이동 및 군수용 분야별 국가주도하에 상용화에 주력하고 실증

나. 보급현황 및 전망

- 미국, 일본에서 인산형 연료전지 등에 대해 상용화하여 보급중
- 미국은 분산형 전원에 대해 초기설치비의 1/3을 현금 Rebate 방식을 채택하여 보급 촉진

< 주요선진국의 연료전지개발 프로그램개발 >

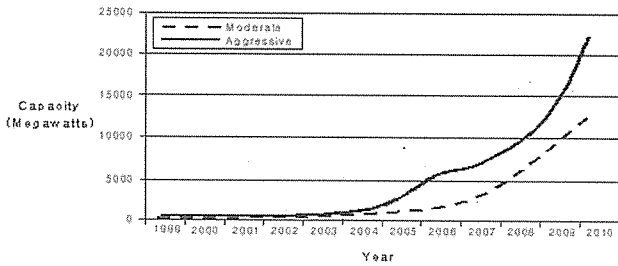
구분	미 국	일 본	유 럽
Program 명	전력사업용 Vision21 연료전지 자동차 PNSV 이동용전원 DARPA	New Sunshine Program	Joule Program
본격추진시점	1967년	1980년대	1989년
예 산	\$144.4million('03)	\$188million('02)	\$27.8million('99~'02)
추진기구	DOE NREL	NEDO	EC, RWE
주요 내용	- Prototype 개발완료하고 실증시험을 진행중 - 정부는 개발자금은 축소하고 보급지원금확대 추세	- 2000년까지MCFC에 개발 치중 - 고분자연료전지 10개년개발보급 계획착수	- 시스템기술에중점 개발 - 각국가가 연합하여 개발

< 연료전지 보급 현황 >

기술명	미 국	일 본	
PAFC	보급용량	200kW급	50~100kW급
	보급대수	236대	61대
	보급규모	1.8억\$	80억엔
	제조회사	ONSI	후지, 도시바 등
SOFC	Sultzer-Hexis(스위스), 1~3kW급 RPG규모 2002부터 시판		
PEMFC	Ballard 250kW급 미국, 일본, 유럽 6기 보급 / 미국 가정용 550기(1~20kW)보급, 정지형 530기(10kW이상) 보급		
DMFC	Smart fuel cell(독일) 휴대용 및 군수용 2003년 상용화 예정		

□ 세계 연료전지 시장 전망(2010년)

- 전력사업용 연료전지 시장규모 : 12~22GW( '05부터 본격적 보급)
- 가정용발전(RPG)연료전지 시장규모 : 240억원 \$( '04시장형성)
- 휴대용 연료전지 시장규모 : 16조원 규모(한국 5,600~9,400억원)
  - 휴대용전지대상 : Lab-top PC, PDA, 휴대폰, 로봇, 가전제품 등



< 연료전지 세계시장 예측 (자료:ABI사) >

□ 세계 주요기업 현황

아래표참조

3. 국내 기술개발 및 보급현황

가. 기술개발 현황

- 80년대 중반부터 연료전지에 대한 기초연구를 실행해왔으며 88년도 대체에너지개발촉진법에 따라 본격적인 기술개발 수행
- 연료전지 기술개발투자 현황( '88~2002)
  - 기술개발투자비 707억원(정부 368억원, 민간 339억원)지원
- MCFC와 PAFC분야에 대한 기술개발투자비가 74% 점유
- 기술개발성과 분석
  - '88년부터 지속적인 기술개발투자결과 기본기술은 상당부분 확보하고 상용화를 위한 실증 단계에 진입하는 수준

< 국내 연료전지 기술개발 현황 >

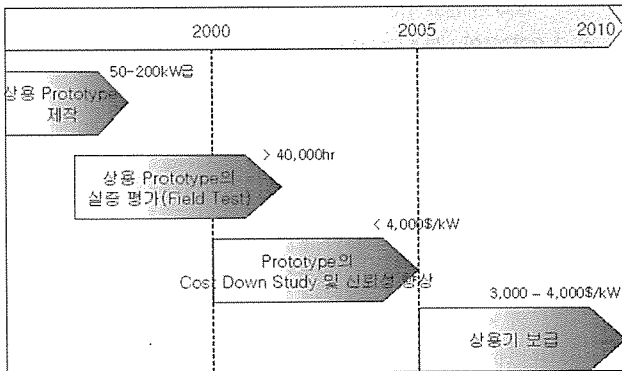
기술명	기술개발 현황
PAFC	- 50kW급 연료전지 시스템 실증단계
MCFC	- 세계 3위 스택기술 보유 - 100kW급 데모 Plant 건설 중('04년 준공)
PEMFC	- 3kW급 Proto-type개발 중('04년)
DMFC	- 200W급 휴대용 전원 Pack 개발 중 - 배터리 대체용으로 시장진입('05년)
SOFC	- 100W급 규모의 스택기술 보유 - RPG 및 차량용 APU분야 개발 중

연료전지 종류	기업(국가)	현황(매출액)	비고
PAFC (인산형연료전지)	ONSI(미국)	200kW급 236대 (약 1.8억불)	구입비 1/3정도 정부보조
	후지/도시바 등 (일본)	50~100kW급 61대 (약 80억엔)	
	LG-Caltex/KIER (한국)	50kW급 개발	
MCFC (용융탄산염연료전지)	FCE/MTU (미국/독일)	300kW~1mw 실증운전 중	2005년 실용화
	IHI(일본)	300kW~750kW급 개발중	2005년 IG-MCFC
	한전/효성중, 삼성ENG (한국)	100kW급 개발중	2008년 실용화
SOFC (고체산화물연료전지)	Siemens-W.H(미국)	200kW 시험중	2015년 실용화
	Sultzer-Hexis (스위스)	1~3kW RPG	2002년 시판예정
PEMFC (고분자전해질연료전지)	Alstom-Ballard(프랑스)	250kW 개발보급	
	Ebara-Ballard(일본)	RPG보급	2005년 시판예정
	Plug Power(미국)	7kW 개발보급	
	Daimler-Chrysler/Toyota (유럽/일본)	시험차량 운행중	2003년 실용화
DMFC (직접메탄올연료전지)	현대차/ IFC/KIST (한국/미국)	시험차량 운행중	2008년 국산화
	MTI 등 (미국)	휴대폰용 및 군수용	2005년 실용화
	도시바, 소니 (일본)	PDA용 개발중	2004년 실용화
	LG화학, 삼성중기원 등 (한국)	이동용 전원 개발중	2007년 실용화

□ 기술개발 및 상용화 추이

- 연료전지 기본기술은 일부확보하였으나 상업화를 위하여 실증운전을 통한 신뢰성 확보와 기술 개선 및 대량생산에 따른 cost-down이 필수임
- 국내시장의 경우 2015년까지 약 632MW의 연료전지 시스템이 건설될 것으로 예상 (한국전력)

< 전력사업용 연료전지시스템의 상용화 추이 예시 >



나. 보급현황

- 국내 연료전지는 상업용으로 도입실적은 없음
- 미국 및 일본에서 인산형 연료전지를 운전연구를 위해 도입, 운전 (4기, 650kW)
- 가스공사 200kW × 1기, 한전 전력연구원 50kW × 1기, 현대중공업 200kW × 2기를 도입하여 운전연구 수행

다. 당면과제

□ 연료전지기술의 SWOT 분석

강 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주택용 및 산업용 분산전력 연료로 사용할 수 있는 도시가스망이 잘 구축되어 있음</li> <li>• 세계 최고 수준의 생산 공정 기술 보유</li> <li>• 열병합 시스템의 국내외 시장 풍부</li> <li>• 국내의 분산 발전에 대한 잠재 시장 보유</li> <li>• 스택기술에 대한 국내 독자 기술 기 확보</li> </ul>
약 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템 제작 및 운전에 대한 경험 부족</li> <li>• 핵심 소재 및 부품산업이 취약 : 대부분 수입</li> <li>• 시스템 제작 및 자동화 기술 부족</li> <li>• 관련 기관간의 공조체제 미흡에 의한 시너지 효과 부족</li> <li>• Grid 연계방식, 표준화, 규격 등에 대한 범국가 차원의 가이드라인 미흡</li> </ul>

기회 요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경규제의 강화 및 에너지다변화에 대한 관, 민의 인식 확대</li> <li>• 전력산업 민영화로 전력생산에 대한 경제성 요구 증가</li> <li>• 정부의 대체에너지 보급목표 설정 및 연료전지를 3대 중점 추진 분야로 선정</li> <li>• 시장전개까지 선진국 기술수준을 만회할 시간적 여유 보유</li> <li>• NT, ET 등 관련기술에의 투자 증대</li> </ul>
위협 요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국의 기술 패권주의 및 향후 치열한 경쟁 예상</li> <li>• 아직까지 구체적인 시장형성이 미흡</li> <li>• 기존 발전시스템에 너무 높은 설비단가</li> <li>• 소재 및 원천기술의 장벽</li> <li>• 경쟁기술 (배터리, 터빈 등)의 획기적 발달</li> <li>• 성급한 실증시험의 실패</li> </ul>

○ 지속적인 정부투자의 결과, 현재 개발중인 모든 종류의 연료전지에서 이미 상용화 기반기술의 토대는 마련되었으나.

- 상용화를 완성하기 위해서는 기술의 신뢰성 및 경제성 확보가 key issue 임.
- 따라서, 상용화 prototype을 활용한 실증연구가 필수적이며, 많은 자원과 시간이 소요될 것으로 판단됨.

○ 일부 분야(PEMFC, DMFC)를 제외하고는 투자의 위험성이 높아 민간기업의 주도적인 참여를 기대하기에는 시기상조임.

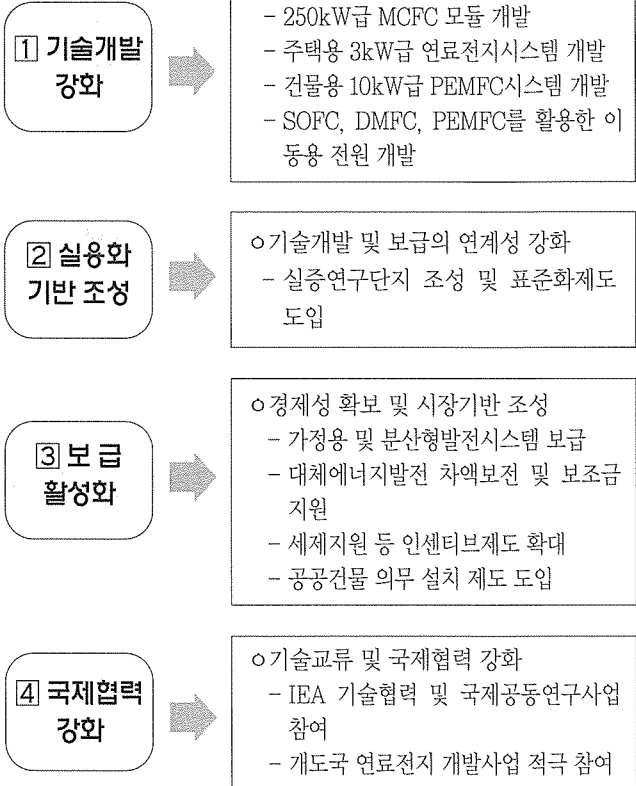
- 그러나 차세대 발전기술로 기술적/경제적 잠재력을 인정받고 있는 연료전지 기술개발을 위한 정부의 주도적인 역할이 필수적임.

라. 연료전지 산업현황

- 연료전지에 대한 상용화가 되지 않아 산업형성은 되어있지 않음
- 발전기제조업체, 한국전력공사, 정유회사 및 에너지 관련 기업에서 사업다각화를 위해 기술개발에 적극 참여

**<연료전지 종류별 기술개발 참여업체 현황 >**

대상기술	참여업체	기술개발 및 관심분야
MCFC(용융탄산염연료전지)		
○스택개발	한전(Auto En, 성림, 트윈에너지)	- 스택개발 및 연료전지 보급
○시스템설계 및 건설	한전 (Can Do) 삼성엔지니어링	- 시스템설계, 전지 및 제어 계통 및 건설분야
PAFC(인산형연료전지)		
○스택 및 시스템기술	LG-caltex 현대중공업	- 50kW스택개발( 02) - 200kW수입하여 운전연구( 98)
PEMFC(고분자전해질형연료전지)		
○스택 및 시스템기술	CETI, LG화학, 한전 극동도시가스, 한국타이어, 가스공사, 풀셀파워	- 가정용 5kW연료전지 실용화 - 예기연과 공동개발( 01)
○자동차용 연료전지	현대자동차, 대우자동차	- 미국 IFC와 공동개발
DMFC(직접메탄올연료전지)		
○이동용 전원개발	LG화학, LG전자 삼성종합기술원	- 100W급 기술개발 추진 중



**나. 보급확대 방안**

**□ 단계별 추진목표**

단 계	목 표
1단계(2004~2006) 실증적용단계	<시범 사업 추진> - 수요 창출, 경제성 평가 - 신뢰성 확보
2단계(2007~2008) 시장진입단계	<수요 창출> - 제한적 시장 진입 - 건설회사, 보일러회사 제휴를 통한 수요창출
3단계(2009~2012) 상용화단계	<안정적 시장 확보> - 일반 소비자 시장 확대 - 건설회사,보일러 회사 납품

**□ 기술의 신뢰성 확보를 위한 연료전지 실증연구 사업 추진**

- MCFC의 경우 국산화 Prototype 개발 시 현장 적용시험이 가능하도록 지원 필요
- 다양한 용도 적용을 위하여 정부기관, 발전소, 아파트단지, 호텔 등

**4. 보급목표 및 추진전략**

**가. 기본방향 및 목표**

**기본 목표**

- ◇ 보급형 연료전지 집중개발로 2012년까지 전력사업용 250kW~1MW급 MCFC 300기 및 가정용 3kW급 RPG 10,000기 보급
  - 전력사업용 250kW급 MCFC '08개발완료 보급 : 시범보급6기( 08)
  - 가정용 3kW급 RPG개발보급 : 10,000기
  - 건물용 10kW급 PEMFC 개발보급 : 2,000기
- ◇ 차세대 발전기술인 연료전지 세계시장의 20%점유(연간 80억\$)
  - 세계 3위의 연료전지기술 보유국으로 진입

\*미국 : 정부 자금으로 NREL 등에서 250kW 급 MCFC 시범 사업추진, Plug Power 에서 7kW급 75기 Long Island발전소 설치 (DOE 등에서 지원)

일본 : 초기 Field Test 사업 지원, PEMFC 정부 구매 지원  
PEMFC(정지형, 수송형) 10개년 개발/보급 정책 추진

독일 : RWE 에서는 EU의 지원으로 PEMFC, MCFC, SOFC 등 시작품을 설치, Demonstration Test 지원.

□ 개발기술의 검증 및 표준화·규격화를 위한 제도 정비

○ 연료전지 발전설비를 가정용, 업무용, 발전용 등과 구분하여 일반 규격 및 연료전지 발전규정 설정 필요.

\* 일본 1993년 연료전지 발전규정 JEAC 5002-1992를 설정 운영 중

□ 발전차액 지원대상에 연료전지 분야를 신규로 포함

○ RPG용 PEMFC의 경우 이를 기준으로 발전차액 지원이 반드시 필요(발전단가가 340원 수준) 하고,  
- 초기 보급단계에서 설치비 보조지원 병행 필요  
- MCFC, SOFC의 경우 2007년부터 시행

□ 국가기관, 지자체, 공공기관을 중심으로 시범 사업 추진

○ 공공국가기관에의 시범사업추진은 초기수요창출과 시장 확대에 기여  
- 특히 발전설비의 개발순서에 따라 국가연구기관, 국방부 관련기관 등에 우선 공급하는 방안 검토 필요.

※ - RPG용 PEMFC의 경우 2004년부터 3kW 급 시스템을 보급  
- 상가/건물용 PEMFC은 2010년부터 10kW 급 시스템 보급  
- MCFC의 경우 250 kW 급 시스템을 Field에 보급할 계획

• 2008년 Proto type 1호기 제작 후 2012년까지 4기 보급 시범사업 (1,250kW)  
• 열병합과 별도로 2010년 MW급 Demonstration 실시

□ 세계지원제도의 강화 방안

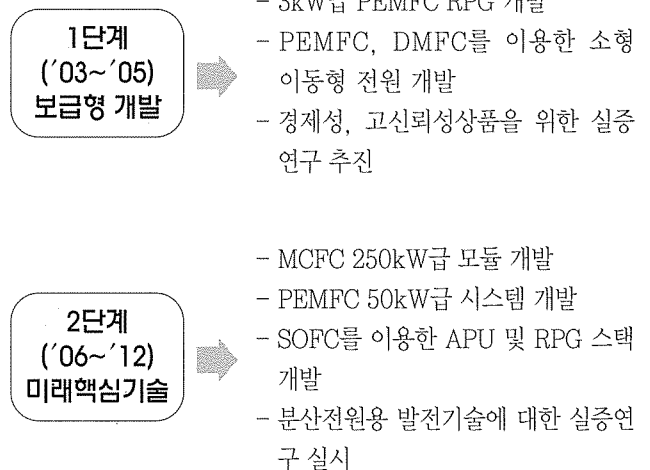
○ 외국사례 : 열병합을 하는 RPG 및 분산전원의 경우 미국에서 10% 세금 감면계획

다. 기술개발 추진계획

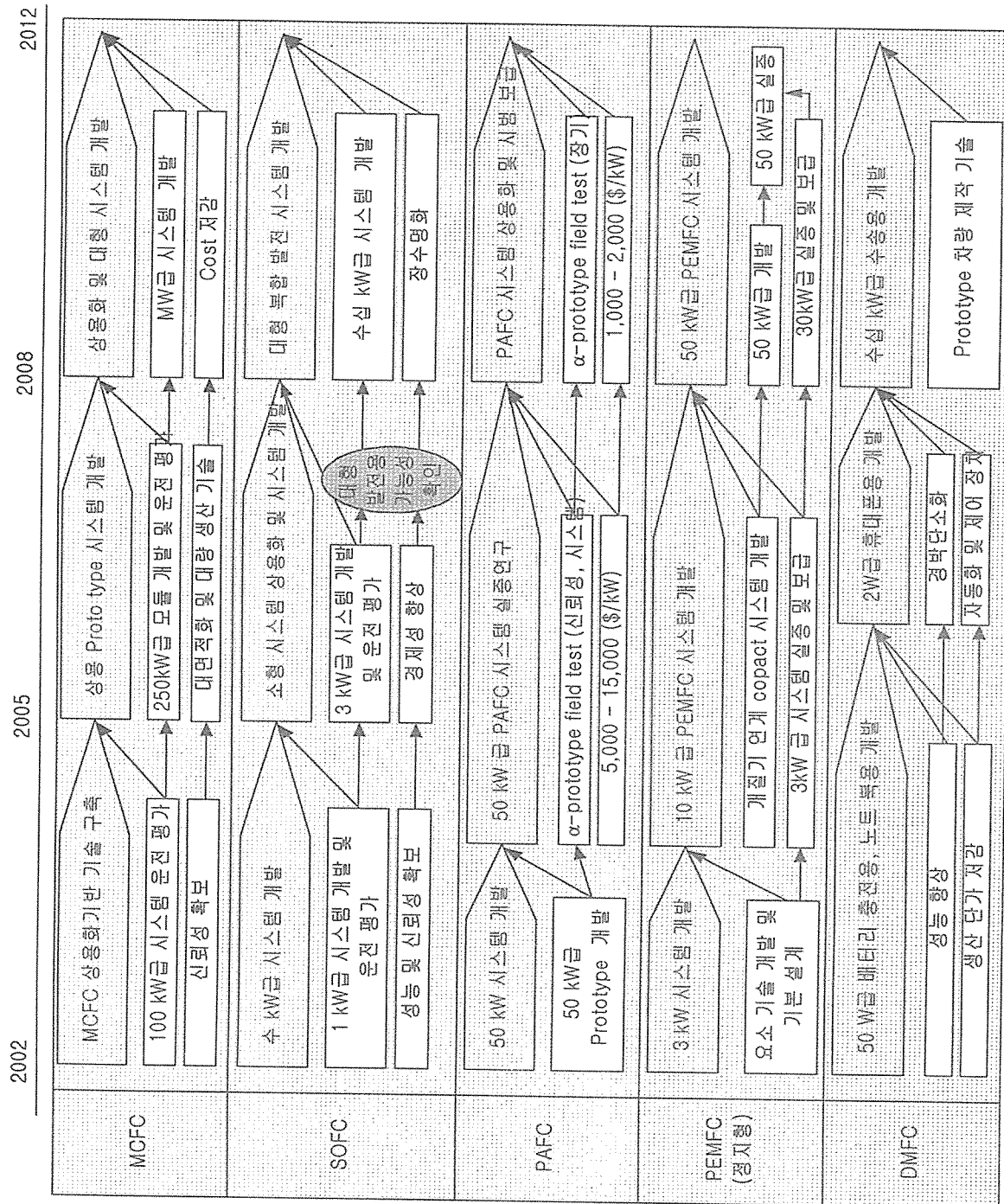
개발 목표

- ◆ MCFC 250 kW 모듈 개발
  - 발전 효율 45 % 이상, 시스템 효율 80 % 이상
  - 건설 단가 : \$1,500/kW 이하
  - 수명 : 40,000 시간 이상
- ◆ 3 kW 급 RPG 개발
  - 제작 단가 : 5백만원/kW 이하
- ◆ PEMFC, DMFC를 활용한 이동용 전원 개발
  - 노트북 및 PDA 용 전원 개발
- ◆ 75kW급 연료전지자동차(FCV) 개발 (차세대 자동차기술개발사업과 연계)
  - 수출 주력상품으로 육성

□ 단계별 추진계획 : 미래핵심기술개발을 통한 기술력 확보



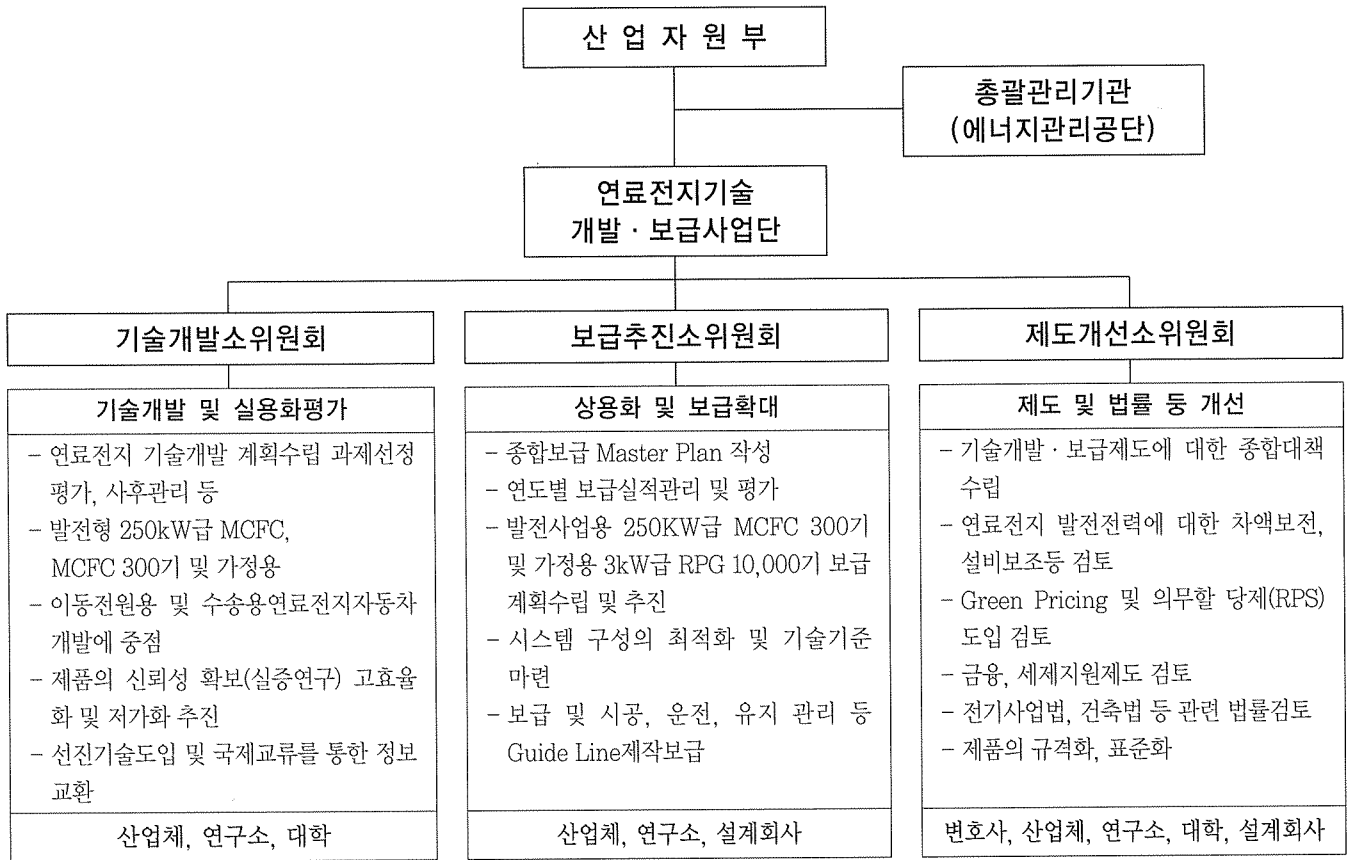
□ 연료전지 기술개발 Road Map



□ 추진체계

◆ 2012년까지 기술개발·보급을 연계하여 실명책임제를 도입하는 『연료전지기술개발·보급사업단』 설립 운영

- 사업단은 핵심수행책임자를 포함하여 20인 이내로 구성
- 기술개발과제관리 및 보급 등 종합적인 계획수립·추진



## 5. 소요예산

### □ 연료전지 개발 및 보급지원사업 확대

- 예 산 : 정부지원금
  - 기술개발 : 에특 1,950 억원
  - 보급보조 : 에특 116 억원
  - 발전차액보전 : 전력산업기금 214 억원

하단표참조

## 6. 기대 효과

### □ 보급목표

◆ 2012년까지 연료전지시스템 12,300기(370MW) 보급

가 정 용	건 물 용	분 산 형
10,000기(30MW)	2,000기(20MW)	300기(320MW)

◆ 2012년 세계 3위의 연료전지기술 보유국으로 진입

### □ 산업경쟁력 측면

- 품질향상 등 가격경쟁력 확보로 세계 일류 상품화
  - 분산형 열병합발전시스템 : 250kW급 MCFC

### < 연료전지개발 및 보급사업 >

(단위: 억원)

구 분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
기술개발	140	140	150	180	210	280	400	450	1,950
보급보조	19	11	38	10	38	0	0	0	116
차액보전	2.4	1.8	8.4	6.8	22.6	71.8	100	0	213.8
합 계	162	153	197	197	271	352	500	450	2,280



- 가정용 3kW급 RPG : 고성능, 저가형으로 개발 보급
- 연료전지자동차 개발 보급
- 이동전원용 PEMFC, DMFC 개발보급
- 2010년 세계 연료전지 시장의 20%점유
  - 80억 \$ 수출(세계시장 400억 \$) 및 1만명 고용 효과 창출
- 관련사업의 기술적 파급효과 기대
  - NT분야 등 소재부문의 기술 향상
  - 고품질 전력공급으로 반도체 등 초정밀 산업의 부가가치 제고
  - 고성능 이동전원 활용으로 군사 장비의 현대화

□ 환경개선 효과

- 기후변화협약 대응 기술력 확보
  - CO<sub>2</sub> 저감효과 기대
- SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등 도심 공해요인 발생저감

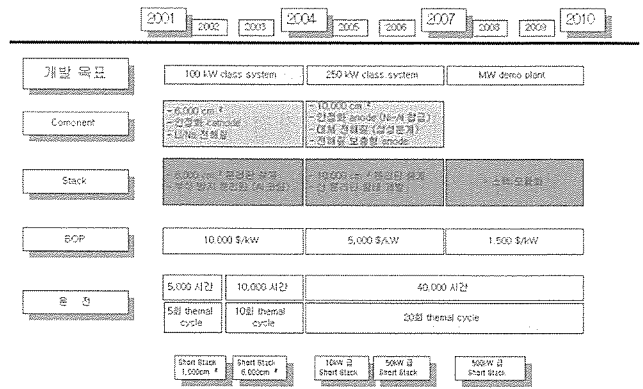
□ 기술혁신 측면

- 선진국대비 기술수준 : 80%('02) → 90%('06) → 100%('12)

7. 세부추진계획

과제 1 - 중장기과제 : 250kW급 MCFC 모듈 개발 ('01~'08)

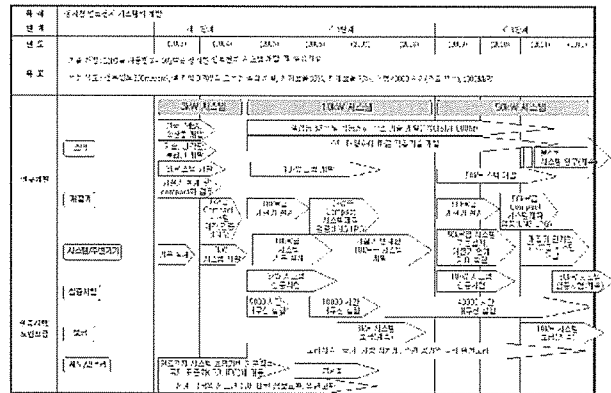
- 전력사업의 차세대 중심기술인 용융탄산염형 연료전지(MCFC)를 중점개발분야로 선정하여 집중 지원
- 개발목표
  - 기술적 목표 : 발전 효율 45 % 이상, 시스템 효율 80 % 이상
  - 경제적 목표 : 1,500달러/kW이하
- 총 연구비 : 400억원 (정부지원 200억원, 50 %)
- 기술의 과독점화 현상이 예상되는 연료전지 분야로 개발 성공시 막대한 부가가치가 기대됨
- TRM(Technical Road Map)을 바탕으로 체계적인 기술개발 추진



<그림 7> MCFC 총괄 TRM

과제 2 - 중장기과제 : 10/50 kW급 건물용 고분자연료전지 개발 ('02~'12)

- 고분자 연료전지는 연료전지 실용화의 선두주자로 2006년부터 완전 국산화에 의한 상용화가 가능하며, 차세대 에너지 소비 형태의 모델로 향후 시장 전망이 매우 밝음.
- RPG용 연료전지 시스템의 개발을 위해서는 연료전지 스택 기술과 함께 개질기 개발이 중요
- 보급단가 200 만원/kW 실현이 상용화의 핵심 이슈
- 총연구비 : 400억 (정부지원 270억)



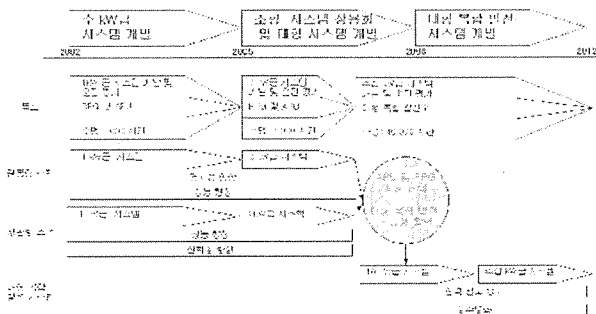
<그림 8> PEMFC 정지형 기술지도

과제 3 - 중기과제(신규) : 소형 SOFC 개발 ('03~'07)

- 가정용 RPG, 자동차 보조 전원용(Auxiliary Power Unit), 휴대용(Portable Power Generation) 등 광범위한 적용 범위를 갖는

## 전략적 기술 개발 추진

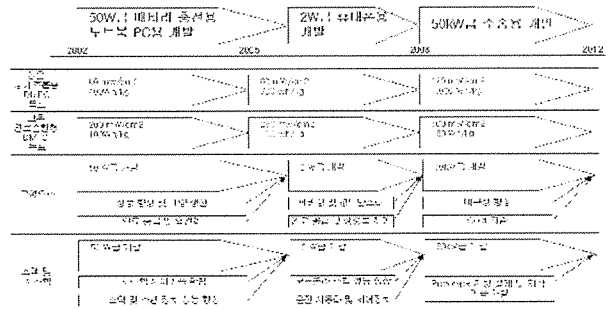
- SOFC는 연료 개질기 및 수소저장 장치가 필요 없어 소형화에 유리한 장점이 있음
- 적용범위가 비교적 광범위하여 틈새 시장 및 다양한 시장 창출이 예상됨
- 재료 기술, 스택 기술, 운전 및 시스템 기술 등 복합적 연계 연구가 필요함
- 안정성 및 경제성 확보가 핵심 관건임
- 총 예산 : 100억원 (정부 지원 50 억원)



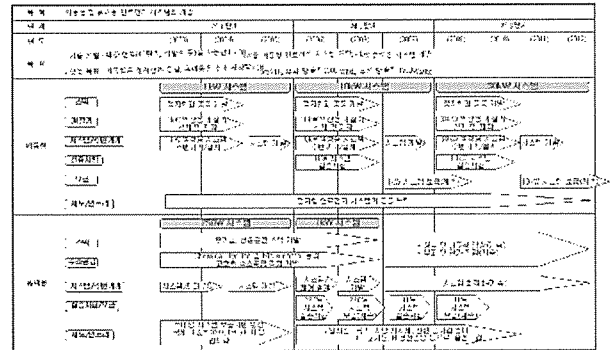
<그림 9> SOFC 총괄 기술지도

## 과제 4 - 단기과제 : 휴대용 DMFC 및 PEMFC 전원 개발 ('01~'05)

- 이동전원용 DMFC 및 PEMFC (개질기 포함)는 차세대 IT 기술을 실현하기 위한 핵심기술로서 2차전지의 단점을 해결할 수 있어 무한한 시장 창출 가능성이 기대됨. (2005년 예상 시장 규모 : 520 억불)
- 신소재 · 부품 개발과 마이크로 개질기 개발이 핵심기술
- 표준화 및 안전성 평가 등도 향후 보급을 위한 필수 선결과제
- 휴대용 전자기기 전원 개발 추진
  - 세계적인 경쟁력 확보를 위한 단기 집중적인 연구개발 투자
    - 기술개발 대상 : 노트북, 휴대폰용 전원
    - 총연구비 : 120억원 (정부 : 50억원)



<그림 10> DMFC 총괄 기술지도



<그림 11> PEMFC 이동형 및 휴대용 기술지도

## 과제 5 - 단기과제(신규) : 실증연구 및 인증 추진 ('03~'05)

- 연료전지 발전 시스템의 평가 및 실증연구사업 추진
  - 해외 개발 연료전지 발전시스템의 도입 운전 평가
    - 연료전지 보급 인프라 구축 토대 마련 및 문제점 파악
    - 대상 : 250kW급 MCFC 발전시스템
    - 건물용 PEMFC 발전시스템(5~10kW)
    - 예산 : 60억
  - 중점기술개발사업이 종료되는 3kW RPG에 대하여 고신뢰도 상품을 위한 실증연구 추진('04)
    - 총예산 : 40억 (정부 : 20억)