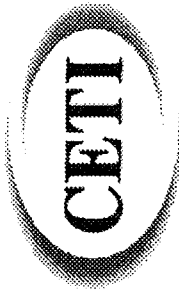


한국에너지공학회(2003년도)  
춘계 학술발표회 논문집 P171-189

한국에너지공학회 연료전지 기술 Workshop

# 가정용 연료전지 실용화 전망 및 개발 현황



*Clean Energy Technologies, Inc.*

**May 23, 2003**

## Part I 실용화 전망

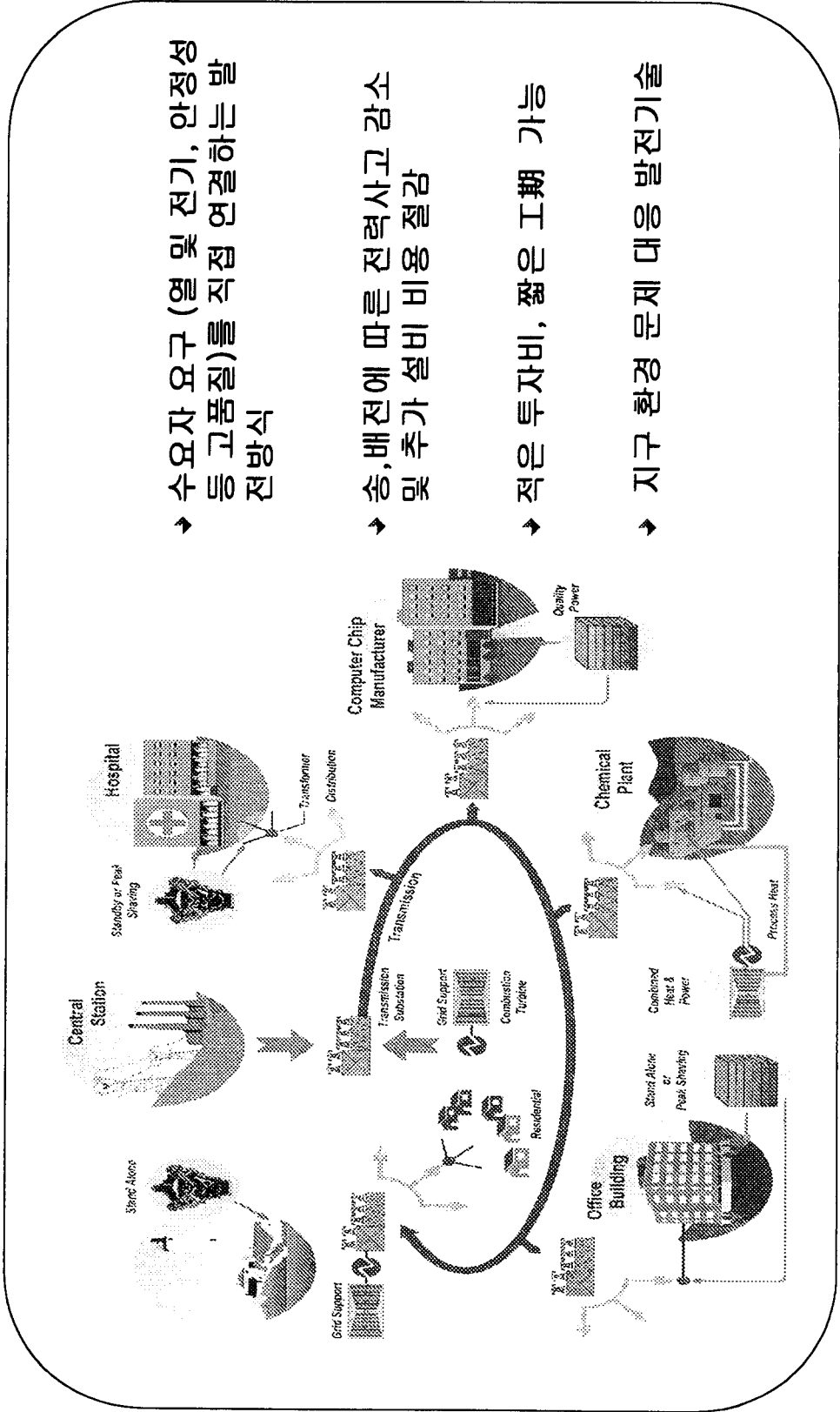
- 분산 전원의 장점
- 분산 전원으로로서의 연료전지
- 가정용 연료전지(RPG)의 필요성 및 경제성
- 시장 규모
- 업체 동향(구미 및 일본)
- 제도적 지원
- RPG 관련 규제

## Part II 개발 현황

- Stack
- Fuel processor
- Inverter
- System
- RPG 개발 및 보급 과제

## Part III 맺음말

## 본산 전원의 장점 - 기존전력과의 상호보완적인 효율적 계통연계



→ 수요자 요구 (열 및 전기, 안정성 등 고품질)를 직접 연결하는 발 전방식

→ 송,배전에 따른 전력사고 감소 및 추가 설비 비용 절감

→ 적은 투자비, 짧은工期 가능

→ 지구 환경 문제 대응 발전기술

- Diesel Engine (dominant)    ▪ Micro Turbine
- Gas Turbine    ▪ 분산발전용 연료전지

- 에너지 소비량 증가 → 분산발전 수요 증가
- 안정적 고품질 에너지 수요 증가
- 교토의정서 확정('01.11)에 의한 CO<sub>2</sub> 배출규제 의무화 → 환경친화적 기술 수요 증가

### 분산전원 시장

연료전지는....

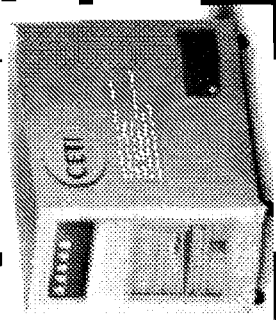
- 20 MW 급 이하에서 가장 에너지 효율이 높은 열병합 발전 방식임.
- 소규모 열병합 발전으로 초기 설치비 부담 적은 Target Market 발굴 (가정/상가용, 대규모 지역 난방 등)

- High Efficiency
- High Quality (기술적 완성도를 통한 안정성, 신뢰성 확보)
- Low Emission

- 원가절감을 통한 가격 경쟁력 제고
- 정부지원책 확대, 사회적 인식 제고
- 각종 규제 및 법규 정비 필요

# 가정용 열병합발전 연료전지 시스템(RPG)은 여타 경쟁 기술에 비해 가장 효율이 뛰어난 저공해 에너지원으로 그 파급 효과가 클 것으로 예상된다.

- NOx, SOx 등 공해 물질을 혁신적으로 저감
- 환경 지향적 에너지원

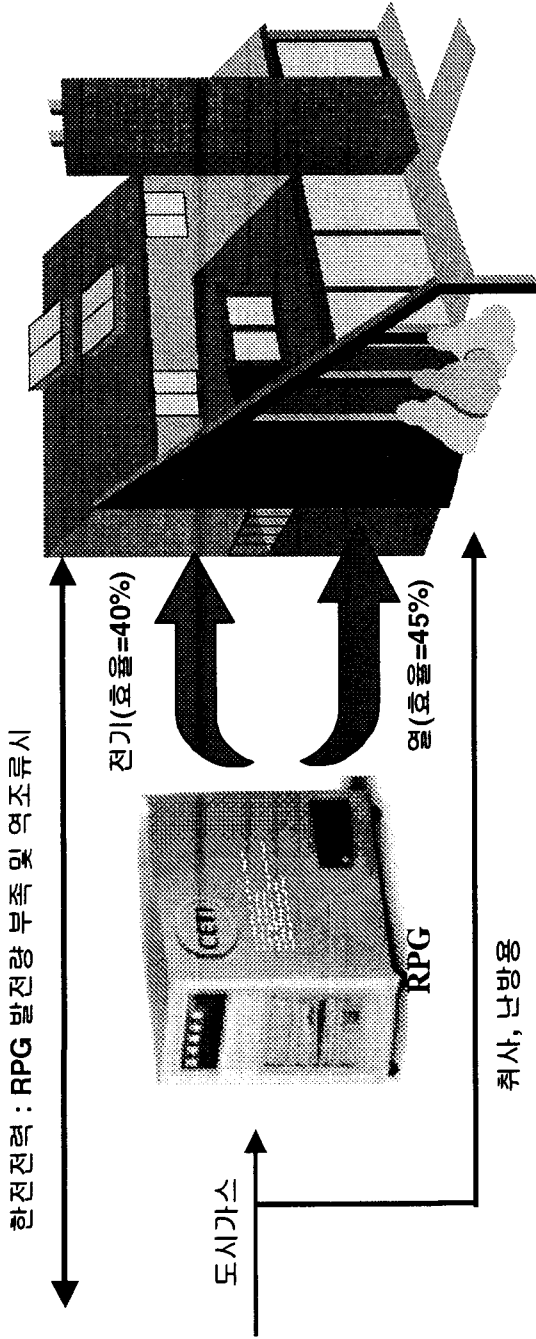


- 폐열 회수로 가정 광열비 절감
- 추가 발전소 건립 비용 절감

- High Efficiency (열병합時, 에너지효율 80% 이상)
- 송배전 손실 감소

- 천연가스 공급 라인 정비 추진
- 새로운 기술 출현으로 인한 신규 산업 창출

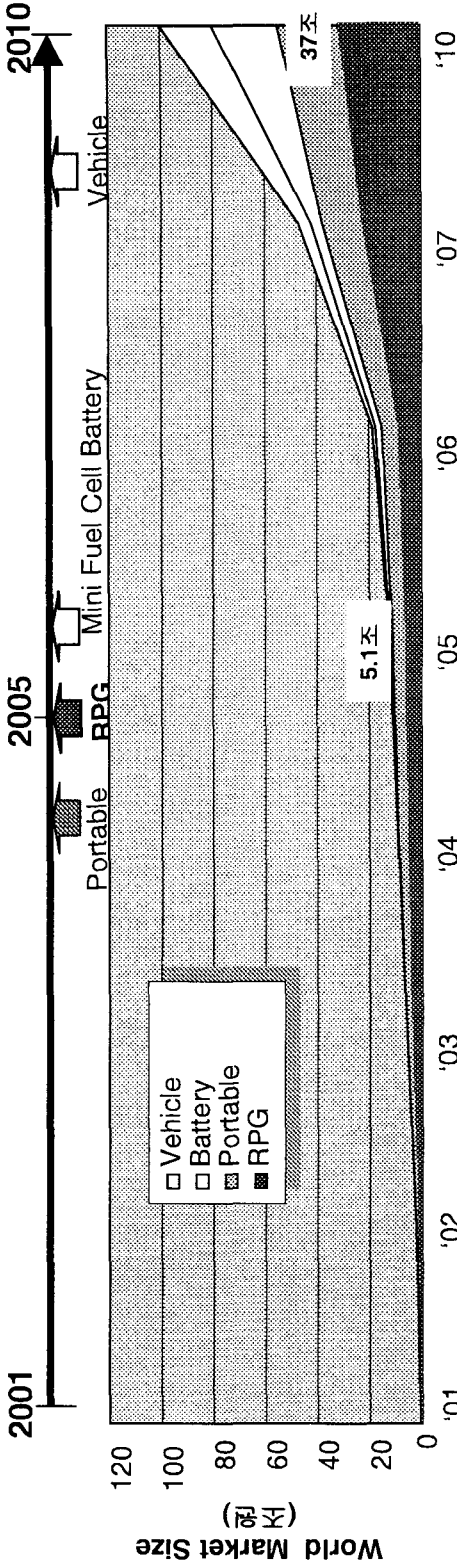
### 가정용 열병합발전 연료전지 시스템(RPG)의 경제성 분석



RPG발전량 1.5kWh 기준	0.45 NM <sup>3</sup>	1.5 kW	1,540 kcal/h (LNG 0.20 NM <sup>3</sup> 에 해당)
월간 400 kW 발전기준	120 NM <sup>3</sup>	400 kW	411,000 kcal/h ( LNG 54 NM <sup>3</sup> 에 해당)

RPG 총효율 85% (전기=40%, 열=45%)으로 월간 400kWh 발전할 경우,  
 월 200NM3의 도시가스를 난방, 온수용으로 사용하는 가정에서 최대 약 27%의 가스비 절감 효과.

**RPG의 경우 2005년 정부 시장이 형성되어 2010년 이후에는 기존 전력시장 판도에 변화물 가세를 만큼의 큰 시장이 형성될 것으로 예측됨.**



\* Source : "Fuel cells: on the Verge", Business Communications Company, Inc., 1998.

	2010년도	2020년도
누적도입량	약 2.1백만 kW	약 10백만 kW
가정용 (대수)	약 1.2백만 kW (약 1.2백만대)	약 5.7백만 kW (약 5.7백만대)
업무용 (대수)	약 0.9백만 kW	약 4.4백만 kW

시장 규모	2010년도	2020년도
가정용	3,600억 엔	17,000억 엔
업무용	1,350억 엔	6,600억 엔
연료전지 전체 시장 규모	약 1조 엔	약 8조 엔

\* Source : 연료전지자동차 및 정지용 연료전지의 도입 목표에 관한 試算, 일본 연료전지실용화전략연구회, 2001.



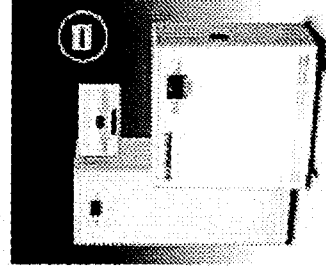
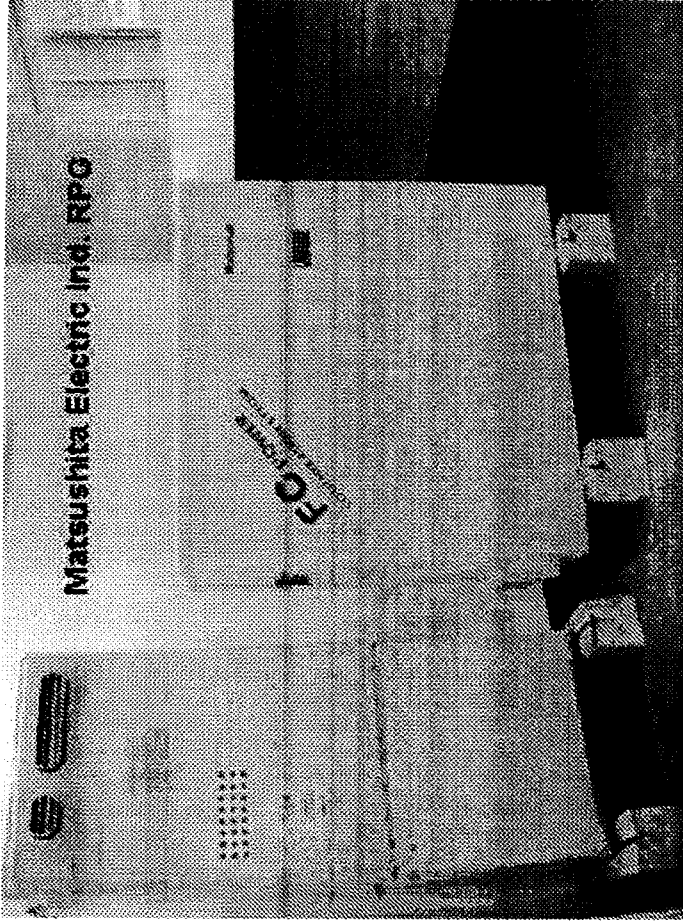
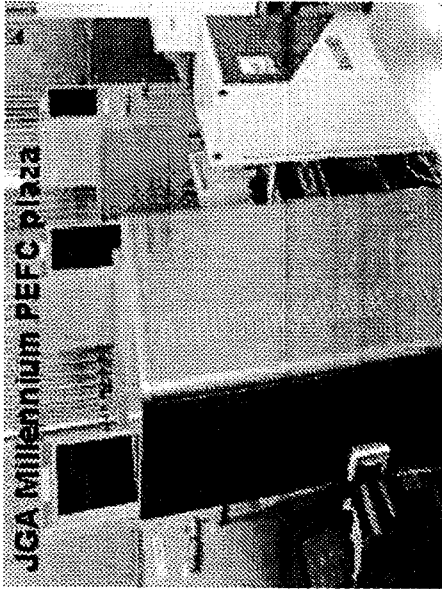
**‘02년 후반의 시장진입 목표’에서 후퇴, 사업목표의 조정하여 ‘05년 시장진입 계획을 목표로, 기존의 사회적인 분위기 조성 및 자금조달 활동 중심의 전략에서 기술개발 및 Field Test 를 통한 기술적 완성도 제고 및 사업환경 구축 중심의 사업전략으로 추진중임.**

<p><b>BALLARD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본의 Ebara-Ballard 를 통하여 2004년경 일본내 1kW급 가정용 제품 출시 계획</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2001.10.1 Ebara 와 RPG 사업관계 구축</li> <li>▪ 자동차보다는 RPG 의 빠른 시장 전망</li> </ul>
<p><b>PLUG POWER</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 독일의 Vaillant(Boiler 회사) 를 통하여 유럽에 3kW 난방 겸용 RPG 출시 계획</li> <li>▪ HPOWER 인수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 뉴욕 주정부 보금계획에 따라 2002년에 75기 정부 납품계약 체결</li> </ul>
<p><b>DuPont</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연료전지용 membrane 독립적 생산, 공급</li> <li>▪ 기존의 관망자세에 벗어나 MEA, Bipolar Plate 까지 사업 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 가정용, 휴대용 연료전지 상용화 시장 본격 형성 대비</li> </ul>
<p><b>Toyota/ Honda</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 자동차 선두업체인 두 회사에서 2002년 12월 리스형태로 연료전지 자동차 판매 개시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 미국, 일본 각지에서 신뢰성 확보를 위한 공공도로 주행 시험 실시 중</li> <li>▪ Toyota의 경우 가정용 연료전지에 대한 연구도 병행</li> </ul>
<p><b>GM / Ford/ Daimler</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 당초 2005년 상용화 진입에서 2010년 전후 상용화 진입으로 후퇴, 2005년 부터는 소량 전시 생산 계획 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연료전지 자동차의 자동차의 상용화 지연에 따라 가정용에 부수적인 연구개발</li> </ul>

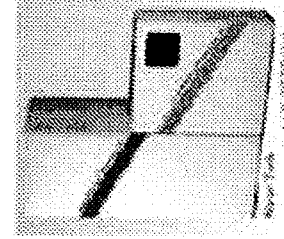


**일본은 정부 주도하에 실용화를 추진하고 있으며, 이에 발맞춰 기업에서도 가격 저감 및 대규모 실증 실험을 통해 상용화에 매우 근접한 상황임. 대부분의 회사에서 2005년 대당 약 50만엔의 가격으로 판매를 시작할 것으로 예상된다.**

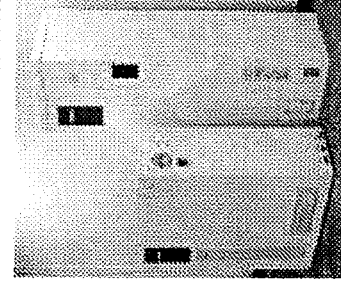
<p><b>Mitsubishi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003년 1월 실용성 평가를 위한 1kW 가정용 연료전지 샘플 출하 개시 (2004년까지 12대 운용 계획)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>N2 less purge 및 Daily Start-up and Shut down</li> <li>2005년 시스템 효율 35%, 50만엔/대 판매 목표</li> <li>세계 최고 효율의 Inverter 탑재 (92%)</li> </ul>
<p><b>Ebara Ballard</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003년 1kW 준상용기 개발 발표</li> <li>2004년 500여대 이상 판매 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 효율 총 34%, 열 효율 58%, 총 효율 92%</li> <li>Size : 0.9 X 0.28 X 0.9m(인버터 포함)</li> </ul>
<p><b>Sanyo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003년 가정용 연료전지 연구개발 체제 강화 발표(인원, 투자 대폭 확대)</li> <li>내구성 40,000 시간 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2005년 시스템 효율 35% 이상, 50만엔/대 로 판매 목표</li> </ul>
<p><b>Nippon Oil</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LPG 1kW 가정용 연료전지 개발 발표</li> <li>2005년까지 100여대의 대규모 실증 모니터 실험 추진 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 총 효율 32%, 총 효율 72%</li> <li>2005년 50만엔/대 판매 목표</li> </ul>
<p><b>Tokyo gas/Osaka gas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능과 내구성이 대폭 향상된 개질기 개발</li> <li>개질기 개발에서 시스템 개발로 개발 영역을 확대하고 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tokyo gas : 저출력에서도 76% 개질 효율 달성</li> <li>Osaka gas : 90,000시간 이상에서도 내구성 확보</li> </ul>



Sanyo



Mitsubishi



Toshiba IFC



**연료전지는 대체에너지의 일환으로 국내 및 해외의 제도적 환경이 계속 유리하게 조성되고 있으며, 아래와 같은 제도와 법규의 지원을 통해 연료전지의 실용화를 지속적으로 추진 중임.**

해외

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국들은 다양한 대체에너지 개발 및 보급 정책 시행
  - 보조금
  - 우대가격과 연계한 우선구매
  - 자발적 Green Pricing제
  - 건축 및 설계 기준상에 대체에너지 시설 설치(이용계획 포함) 의무화
  - 에너지 세금 부과, 각종 세금 면제/환급 등 세제지원 시스템 등
- 국가별 관련법규 및 지원정책
  - 미국 : 국가에너지정책법(NEP), 우선구매제, Green Pricing 등
  - 독일 : 재생에너지원 우선구매법(2000년), 전량 우선구매제 등
  - 영국 : 전력사업 법안(Utilities Bill), 국가 대체에너지 발전설비 계획, 우선구매제 등
  - 일본 : 신 에너지 법, 우선구매제, 지역별 보급촉진 사업

국내

- 정부는 대체에너지 보급률을 2006년 까지 3%, 20011년까지 5%로 확대 목표.
- 정부 지원의 종류
  - 융자금, 보조금
  - 공공기관 설치 의무화
  - 상용화 기술 연구개발사업 우선지원
  - 대체에너지 시범단지 사업
  - 기술개발사업, 실용화평가사업, 보급사업
- 대체에너지 지원 정책 법제화 추진

## 소형 RPG System을 가정에 설치/보급할 때 예상되는 규제 사항의 종합적 검토 및 보안이 필요함

### 한국의 제도적/기술적 규제 사례(조사 중)

법 규	과 제	개정 요망 방침(예시)
전기설비 기술기준	연료전지발전은 발전소에 해당	RPG 제외 요망
	상시감시원 필요(인산형 연료전지만 제외)	RPG 상시감시자 제외 요망
전기사업법	RPG운용자 전기사업자에 해당될 우려	RPG 제외 요망
	전기설비 지정 필요	일반용 전기설비로 지정요망

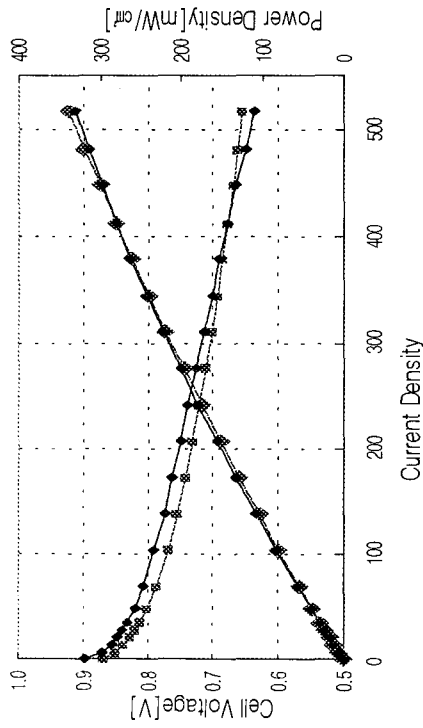
### 일본의 사례

※ Millennium 사업을 통해 데이터를 축적하고 있음.

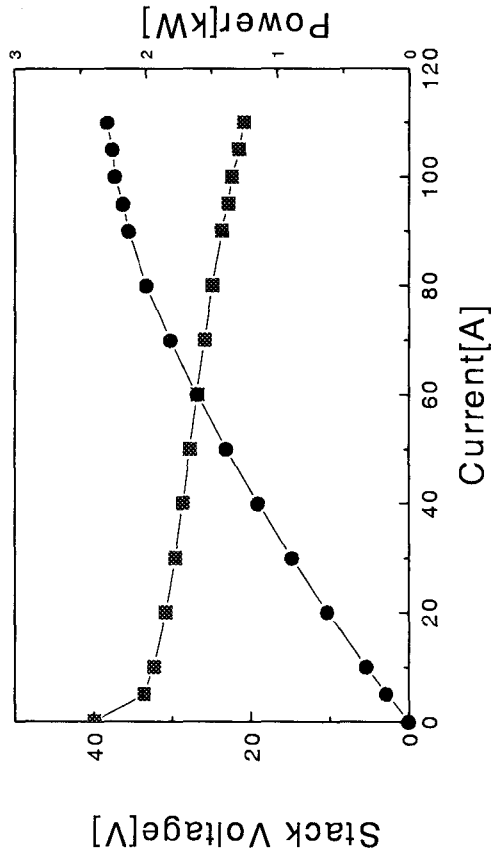
제도적 규제	법 규	과 제	개정 요망 방침
기술적 규제	전기사업법	가정용 전기 공작물에 해당 -> 신고의무, 전기주임기술자의 선임의무	일반용 전기 공작물로 인정 요망
	도교화재 예방조례	설치 신고 필요	신고 불필요 요망
기술적 규제	전기 사업법	정지시에 연료가스를 배제하기 위해, 불활성가스 상비	불필요함 요망
	도교화재 예방조례	건축물으로부터 3m 이상 떨어져야함 역화 방지 장치의 설비 필요	옥외설치 급탕기와 동등한 이격거리 요망 불필요함 요망

Sub-stack을 시작으로, 현재 2kW급 stack을 개발 완료하였으며, 향후 신뢰성, 내구성, 가격 저감을 위한 개발을 진행할 예정이다.

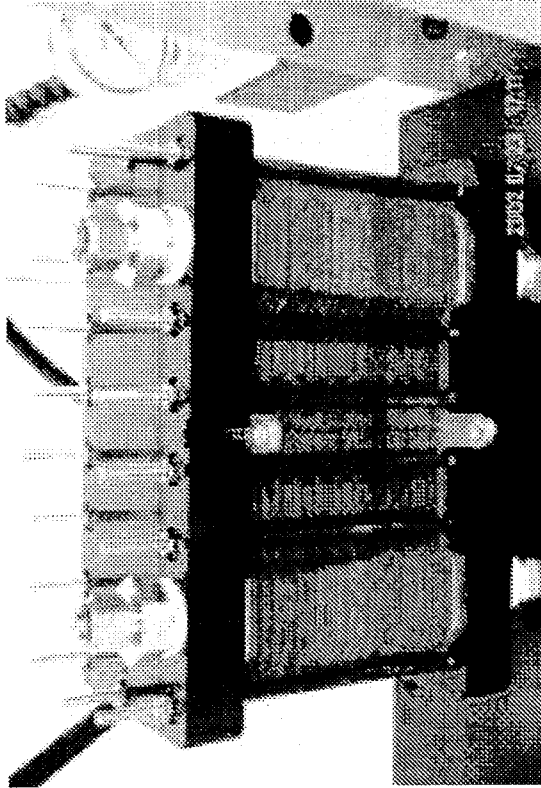
Fuel	Pure hydrogen	Air utilization	33%
Oxidant	Air	Fuel utilization	75%
Stack temperature	60 °C	Gas pressure	상압



(Sub-stack test result for 2 type MEA)

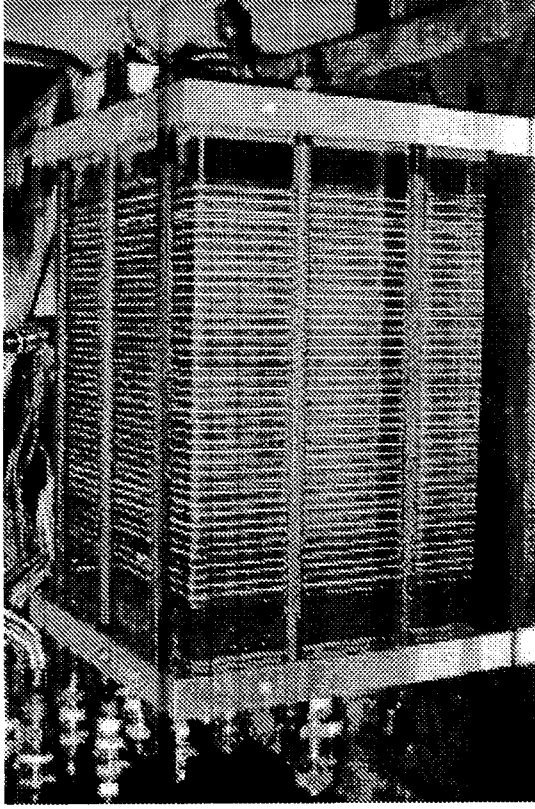


(2.5kW class stack test result)



• Cell : 10

(Sub-stack)



• Cell : 40 , 스택 출력: 2.5kW

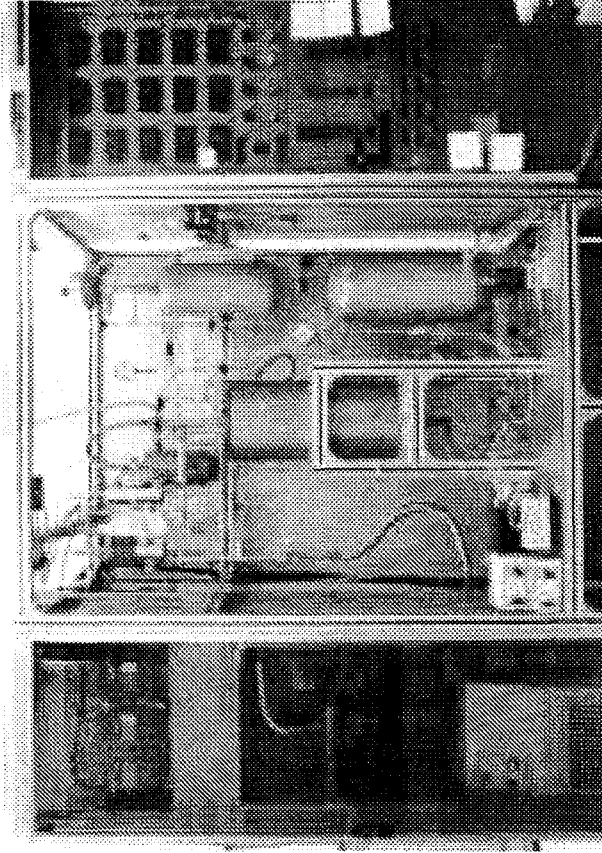
(2.5kW class stack)

Steam reformer와 Prox(선택적 산화 반응기)를 개발 완료하였으며, 내구성 및 신뢰성 확보를 위한 개발을 수행하고 있음.

[Steam Reformer Test Results]

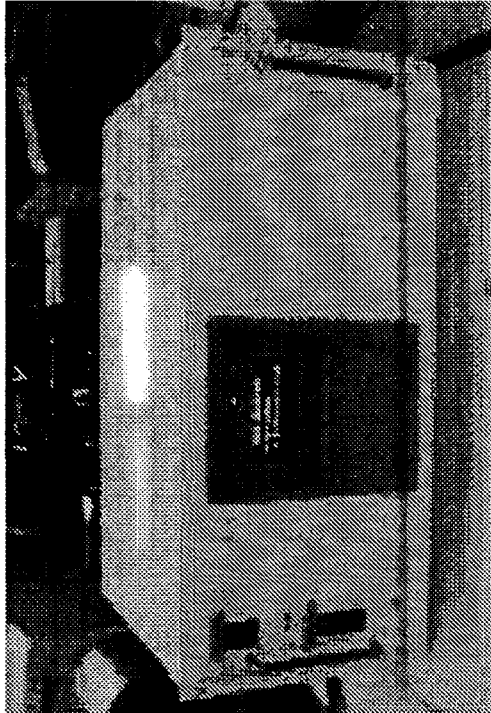
용 량		1kW
출 구 농 도	H <sub>2</sub> (%)	73.9
	CO <sub>2</sub> (%)	19.3
	CH <sub>4</sub> (%)	0.69
	CO (ppm)	<10
효 율*	(%)	71
Start-up Time (min)		~60

[Steam Reformer]



\*효율 : 수소의 LHV/ 메탄의 LHV

전력변환기(Inverter)는 계통 독립운전과 계통 연계운전 모두가 가능하도록 설계되었으며, 계통연계 운전시 연료전지 출력에 초과하는 전력은 계통전원을 통해 공급받게 되며, 최대효율 90%의 고효율 제품임.

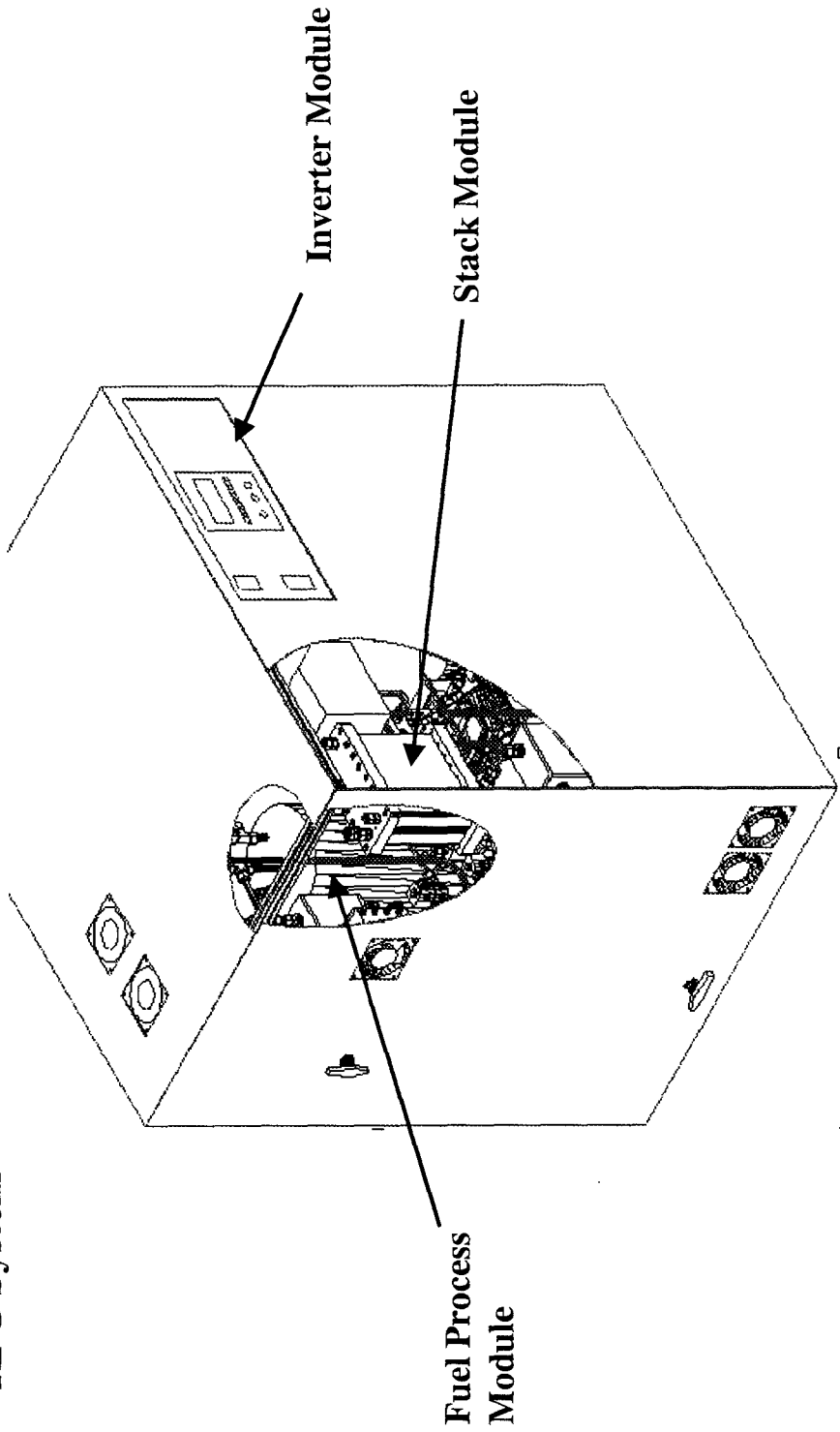


분류	사양
용량	정격 1.5 kW[Max. 3 kW(30분)]
입력	48VDC[39~72VDC]
출력	단상 220VAC ±6% 60Hz ±1%
효율	정격 87%[Max. 90% (@0.6kW, DC40V, 15A)]
크기	600(W) × 250(H) × 300(D) mm
무게	27kg
전력제어방식	계통연계/독립운전방식[부하추종운전(Soft start function)]
보호기능	입출력 과전압/부족전압, 입출력 과전류, 과열, 과부하 연계 모드: 고립 운전 방지, 주파수 보호 독립 운전: 주파수 이탈방지, 전압제한



2003년말까지 현재 개발된 각 Module을 이용하여 Prototype system 개발을 완료할 예정이며, 2004년까지는 고효율의 가정용 연료전지 시스템 준상용기 개발을 완료하여 실증 운전전에 임할 계획임.

### RPG System



## 가정용 연료전지의 개발 및 보급을 위해서는 성능 향상, 내구성 및 신뢰성 향상, 저Cost화 향상, 저Cost화 등을 통한 기술적 사양의 해결과 범규 및 규제를 완화/보완 등이 필요함. (일본의 예)

기술적 사양	성능 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>스택, 개질기 등 주요부품의 효율향상 기술의 개발 촉진</li> <li>개질기의 기동성, 부하추종성 향상 기술의 개발 촉진</li> <li>에너지 절약형 개질기의 기동기술 개발 촉진</li> </ul>
	내구성 및 신뢰성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>DSS 운전 4만시간, 연속운전 9만시간의 내구성 확보 기술</li> <li>가속 내구 시험 방법의 확립, 초기 도입시 모니터링 실시</li> </ul>
	저 Cost화	<ul style="list-style-type: none"> <li>전극촉매의 백금 담지량 저감과 백금대체 촉매 개발 촉진</li> <li>혁신적인 저Cost화 실현을 위한 전해질막의 개발 촉진</li> <li>보급 초기 단계 도입 및 촉진을 위한 재정적 지원 제도 정비</li> </ul>
법제도적 사양	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>용도 확대를 위해 100℃ 이상 고온작동 막의 기술 개발 촉진</li> <li>기술자 육성을 포함한 Maintenance 체제 정비의 지원</li> <li>공공시설, 집합 주택 등 Model 사업의 도입 보조제도의 정비</li> <li>연료전지 Cogeneration의 LCA(Life Cycle Assessment)적 초점의 분석, 평가</li> </ul>
	전기사업법	<ul style="list-style-type: none"> <li>보안규정 신고, 전기주입기술자 선임, 질소 Purge의 불필요화 검토</li> </ul>
	소방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>소방청으로의 설치 신고 불필요화, 건축물과의 이격거리축소 검토</li> </ul>



고효율, 환경친화성의 분산전원으로서의 장점을 가진 가정용 연료전지의 상용화를 위해 일본, 미국을 비롯한 선진국들의 경쟁이 치열하게 전개되고 있으며, 2005년경에는 상용화 시장이 전개될 것으로 예측됩니다.



자국 에너지 보호에 따른 정부의 적극적인 지원을 바탕으로 **실용화 평가사업 및 시범보급 사업**을 실시함으로써 초기 시장을 형성하고, 이를 통해 대량 생산에 따른 가격 저감이 이루어져, 보다 경쟁력 있는 발전 전원으로 각광 받을 것입니다.



세티도 이에 발맞추어 그간 개발해온 각 Module을 바탕으로 시스템 통합을 수행하여 금년도에 Prototype system 개발을 완료할 예정이며, 향후 효율 향상 및 신뢰성 확보에 주력하도록 하겠습니다.



세티는 2004년까지 준상용기 가정용 연료전지 시스템 개발을 완료하여, 2005년부터 **실용화 평가사업 및 시범보급 사업**에 참여, 연료전지의 실용화를 한층 앞당기겠습니다.