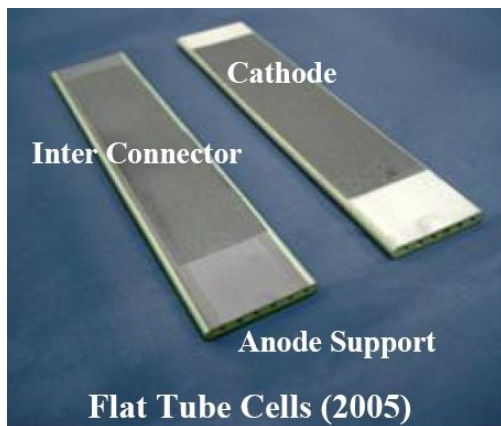


□ 일본 SOFC 산업체 및 시장현황

○ Kyocera

↳ 2.5kW급 상압형 SOFC 발전 유닛을 개발하고, 세계 최고 레벨의 직류 단 발전효율 56.1%(LHV)를 달성. 하나의 세라믹 기판 상에 다수의 음극 지지형 cell을 제조하여, 각 cell을 기판 상에 직렬로 접속한 구조로 되어 있으며, 따라서 비교적 적은 수로도 용이하게 고전압을 얻을 수 있어, 저전류 운전을 실현할 수 있음.

↳ 제조시 셀을 적층하는 공정이 불필요하고 저렴한 재료를 이용할 수 있다는 등의 특징이 있어, 향후 양산에 의한 저 비용화 기대.



[그림] 연료극 지지체 평관형 SOFC 셀

[그림] 평관형 SOFC 발전시스템

○ Mistubishi Heavy Industry (MHI)

↳ NEDO 지원의 R&D 프로그램에 의해 MOLB(Mono-block Layer Built)라는 독특한 평관형 all ceramic 연료전지와 원통형 SOFC 설계 및 제조기술을 개발함. MOLB형 SOFC 개발 프로젝트는 SOFC를 이용하여 200kW급 열병합 발전시스템 개발을 목표로 함. 원통형 SOFC 개발 프로젝트는 마이크로 가스터빈과 연계하여 350kW급 시스템 기반기술 확립을 목표로 함.

↳ Chubu Electric Power사와 공동으로 50kW MOLB-type SOFC CHP를 개발하여 Aichi International Exhibition에 설치하여 1000°C에서 4,000시간 실증 운전 성공함.

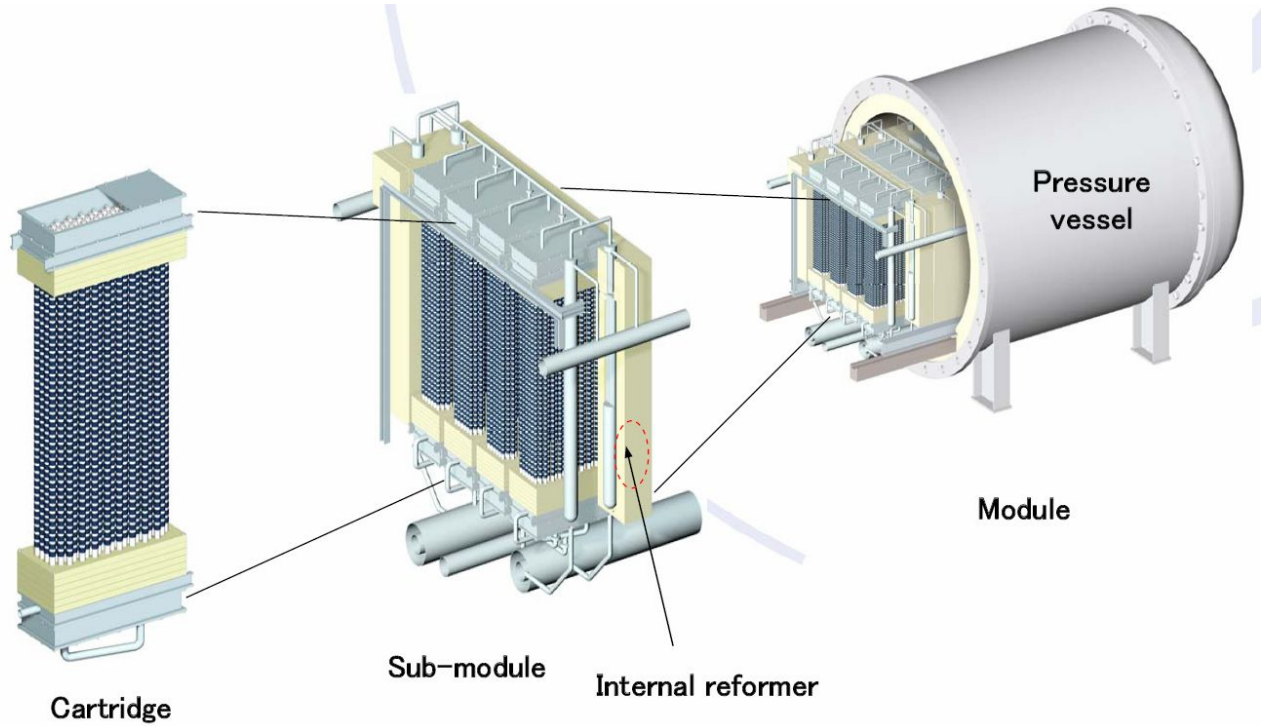
☞ 일본 최초로 고체 산화물형 연료전지(SOFC)와 마이크로 가스터빈(MGT)을 조합한 복합발전 시스템의 실증 운전에 성공. 신에너지·산업기술 종합 개발 기구(NEDO)로부터 위탁을 접수 2004년도부터 개발을 진행시키고 있던 것으로 미쯔비시 중공업 나가사키(Nagasaki) 조선소 내에서 최대 출력 75 kW의 발전을 확인함.

☞ 지름 28mm, 길이 1500mm의 원통형(양극지지) cell을 이용하였으며 900도에서 cell당 0.65V에서 151W의 출력 구현함.

☞ 수백 MW급 석탄 이용 연료전지 발전시스템(IGFC, Integrated coal gasification fuel cell combined cycle) 개발 목표.

☞ 2007년 1월부터 Chigashiki 연구소에서 상압에서 150킬로와트(출력 25킬로와트의 모듈 6 세트)로, 2,500개의 튜브가 조립되어 연료 입구와 출구를 직선으로 묶는 구조로 SOFC 시스템의 시험 운전 중이며 장기 운용성이나 부분 부하 성능 등의 시험 운전은 2008년 3월까지 진행되며, 목표 발전 시간은 1만 시간 이상임.

☞ 원통형 SOFC는 J Power 그룹과의 협력에 의해 테스트 설비를 운전하고 있으며, NEDO의 지원으로 350kW 시스템을 공동개발하고 있음.



[그림] MHI 사의 카트리지, 서브 모듈, 단위 모듈의 개념 설계



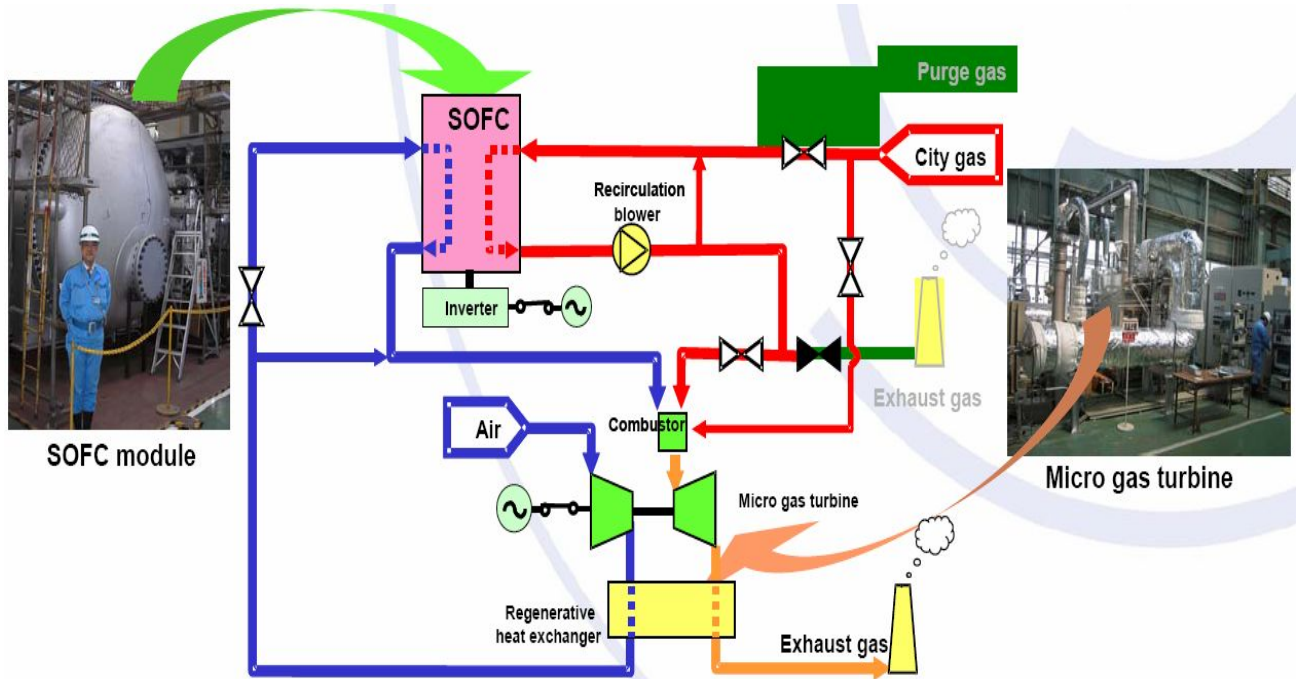
Cartridge

Sub-module

Internal Reformer

Module

[그림] 150kW급 SOFC 카트리지, 서브모듈, 내부 개질기, 통합 모듈 실제 형상



[그림] MHI에서 개발 중인 200kW급 가스터빈-연료전지 발전시스템 layout

○ TOTO

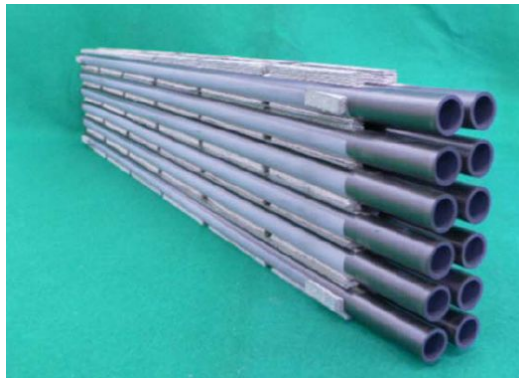
☞ 슬러리 코팅을 이용한 저가의 원통형 SOFC 제조 기술을 이용하여 NEDO의 지원으로 마이크로 튜브형 SOFC를 개발하고 있음. LPG와 DME를 연료로 사용할 수 있도록 개발되었으며, 1단계 목표는 30W이나 최종 100W를 목표로 하고 있음.

☞ 휴대형 연료전지 장치에 조립할 수 있는 고체산화물형 연료전지(이하, SOFC) 셀 스택을 개발함. 종래 SOFC 작동온도 750°C~1,000°C에 대해 500 °C에서 작동할 수 있는 재료를 개발하여 작동온도를 내릴 수 있기 때문에 단열층을 얇게 하여 소형화함. 실온에서 기동에 필요한 시간은 5분 정도여서 전동차 의자나 전동보조 자전거, 휴대용 전원 등에 이용 가능함. 향후 셀 스택으로서 발전성과 내구성을 높임과 동시에 시스템 메이커로 셀 스택 및 모듈의 공급을 통해 2008년 실용화를 목표로 하고 있음.

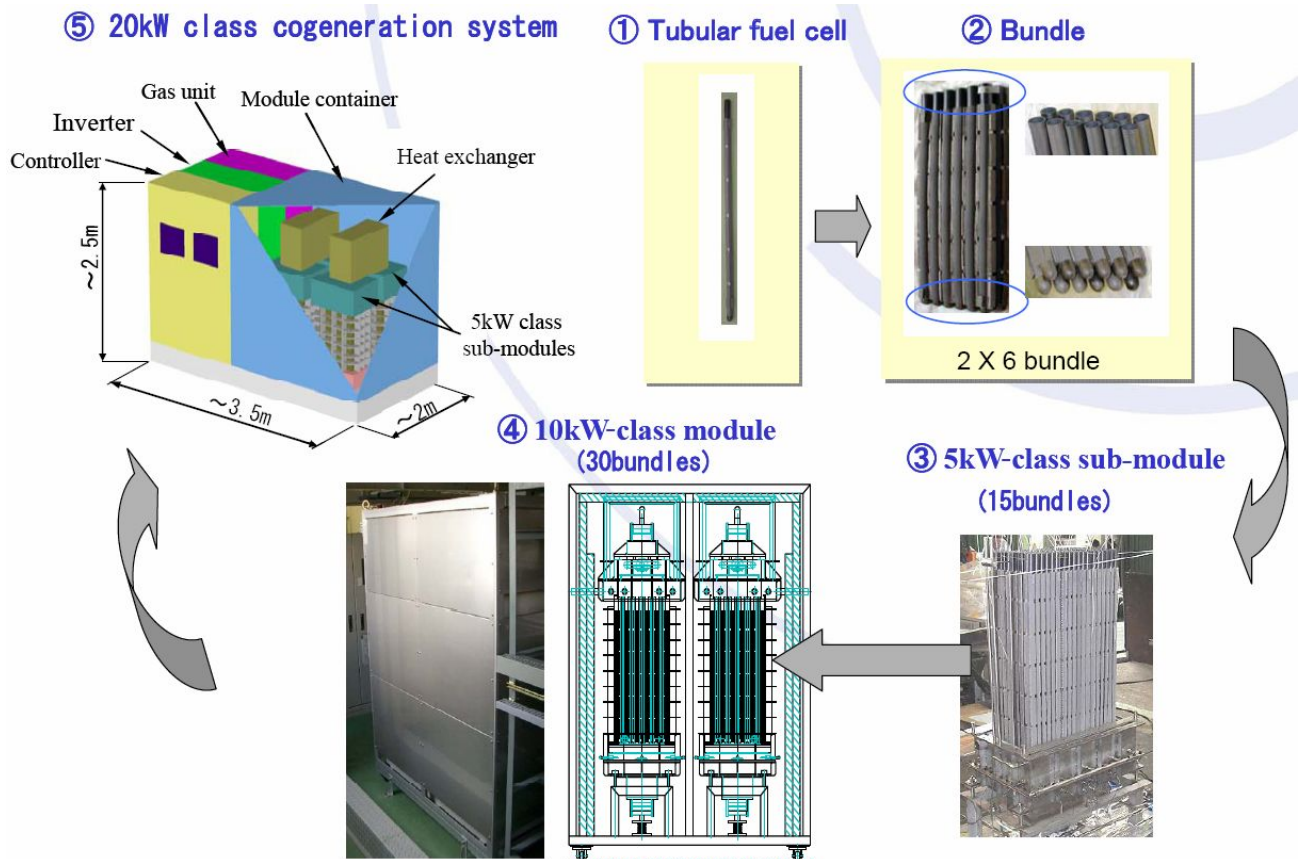
☞ 현재까지 저온작동에 적합한 전해질 재료는 존재하고 있지만 소성공정

에서 전해질이 연료극과 화학반응함에 따라 내부저항이 증대하여 효율적으로 기전력을 얻을 수 없었음. TOTO의 SOFC 셀은 전해질과 연료극의 계면에 반응 억제층을 설계함으로써 내부저항을 대폭 저감하고 저온작동특성을 안정시킨 것이 특징.

직경 5mm, 길이 110mm로서 셀당  $17.3\text{cm}^2$ 의 전극 면적을 가지며 30W의 출력을 얻기 위해 15개의 셀이 소요됨. 2005년의 발표에 의하면 새로이 개발된 스택은  $\text{LaGaO}_3$ 계 전해질을 사용하여  $500^\circ\text{C}$ 에서 작동 가능하도록 제작됨.



[그림] 공기극 지지체 원형 셀로 구성된 번들

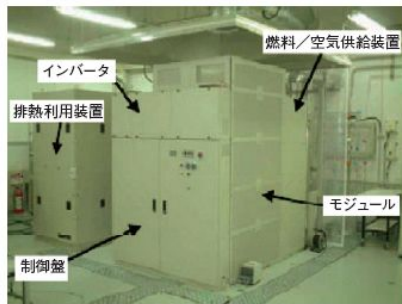
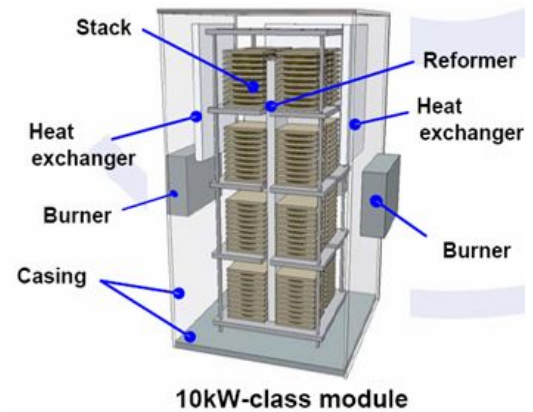
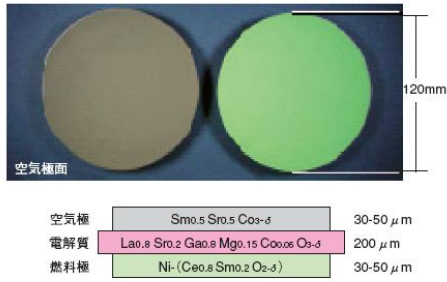


[그림] TOTO 사의 공기극 지지체 원형 셀로 구성된 SOFC 스택 및 시스템 개념 layout

발전용으로 20kW급 원통형 SOFC 를 개발하고 있으며, 원통형 구조로 지멘스사와 동일한 공기극 지지체이나 제조 공정이 다름. 현재 10kW급 기술 개발을 완료한 상태이며, 20kW급 실증 연구가 실시될 예정임.

○ 관서전력/미쯔비시 머티리얼

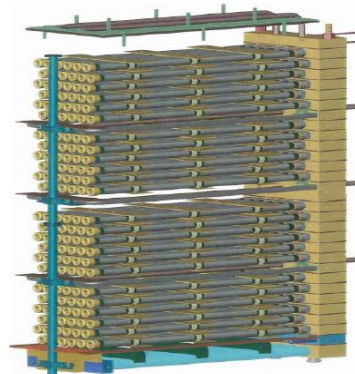
↳ 란탄갈레이트 전해질을 사용하여 평판형 셀을 개발하고, 시스템화 추진. AC 효율이 41% HHV, 종합효율은 82% HHV로서 2007년말까지 3000시간의 연속운전에 의한 수명특성평가 완료.



[그림] 평판형 저온작동 셀 및 10kW 시스템 외관

○ 신일본제철화학/Acumentrics-Japan

↳ 미국 Acumentric사 제품의 스택을 이용한 시스템화 수행. 10kW 시스템을 개발 완료하고, 2007년말까지 3000시간의 연속운전을 실시하여 수명특성을 확보.



[그림] 연료극 지지체 튜브형 SOFC 발전시스템 외형 및 내부 형상 layout

○ AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

☞ 기초 연구의 산업화 응용을 지원하기 위해 산업 인프라 기술, 에너지-환경 기술 분야에서 일본 내 산업 경쟁력을 높이기 위한 활동을 수행하고 있음. SOFC 분야에서는 SOFC용 소재, 장기 운전에 따른 성능저하 기구 평가, 셀의 구성 재료간 반응에 의한 열역학적 분석 및 예측, 평판형 및 원통형 셀 제조기술 개발 등의 연구를 수행함.

☞ 500~600°C의 저온 영역에서도 동작하는 튜브형 SOFC를 개발함. 이 연료전지의 직경은 밀리미터에서 서브 밀리미터의 수준으로, 전극의 미세 구조를 최적화함으로써 세리아계(CeO<sub>2</sub>) 세라믹 재료로는 처음으로 570°C에서 1W/cm<sup>2</sup>의 전력 밀도를 달성함. 이 마이크로 튜브의 개발에 의해 내열 충격성이 비약적으로 향상되어, 급속 기동 정지 운전에도 대응 가능한 콤팩트형 SOFC 모듈의 개발이 가능할 전망이다.

☞ SOFC를 마이크로 사이즈의 튜브 형태로 만들어 연료전지 시스템의 소형화와 열변형에 의한 파손의 문제를 동시에 해결함. 연료전지 시스템의 총출력 전력은 전극의 단위면적당 성능과 전극의 표면적의 곱으로 결정되며, 소형화, 즉 체적당 총출력을 향상시키기 위해서는 전극 자체의 성능 향상과 함께 체적당 전극 표면적을 증가시키는 것이 효과적이므로, SOFC를 마이크로 튜브의 형태로 제작하면 체적당 표면적이 크게 증가하기 때문에 소형화가 가능하고 동시에 기계적 강도를 높일 수 있어 열변형에 의한 파손의 문제도 해결할 수 있음.

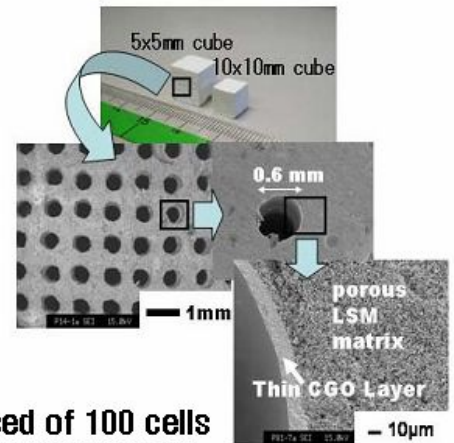
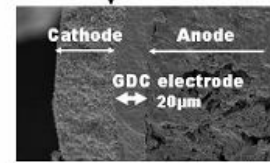
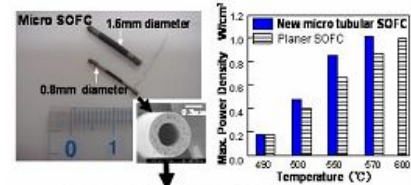
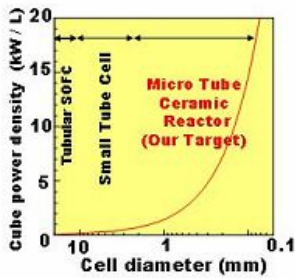
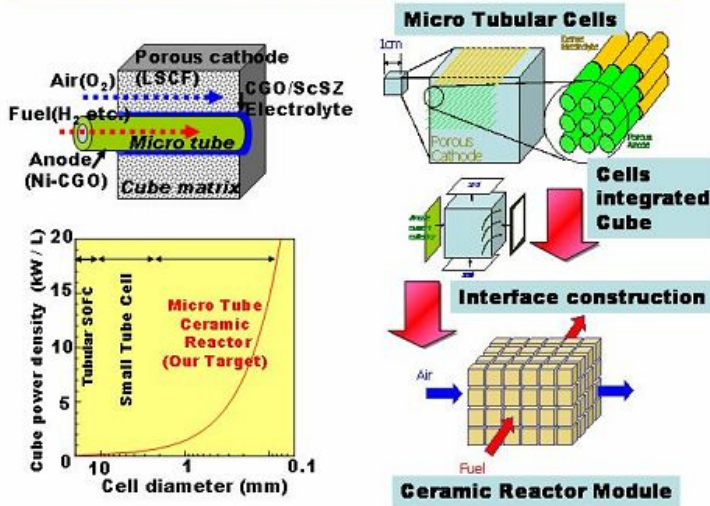
☞ 마이크로 튜브형 SOFC는 세리아계 세라믹으로 길이 1cm 정도, 직경 1.6mm의 마이크로 튜브이며, 450~570°C에서 수소를 흘린 결과 0.06~0.35W(단위면적당 0.17~1W/cm<sup>2</sup>)의 전력을 얻을 수 있었음.

☞ 직경 0.8mm의 마이크로 튜브형 SOFC의 경우, 1cm<sup>3</sup>당 약 100개의 마이크로 SOFC를 집적하는 것이 가능하며, 따라서 체적당 7W(500°C)~15W(550°C)의 발전 성능이 기대됨. 향후 연구그룹은 마이크로 튜브형 SOFC의 집적화 연구를 진행하여 다수의 마이크로 튜브형 SOFC를 정확하게 배치한 입방형 유닛의 제작과 각 튜브에의 연료



가스 공급과 전력 회수를 수행하는 인터페이스의 정밀 제작 기술을 확립하여, 최종적으로는 내충격성, 급속 운전에 대응 가능한 소형, 고효율 연료전지 모듈의 개발을 목표로 연구를 진행할 계획임.

### Development of Advanced Ceramic Reactor



2005-2009년 진행: 2006년 한해 예산 570,000,000 yen

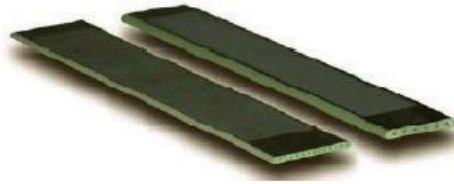
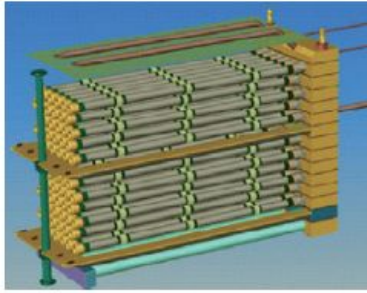
Cubes composed of 100 cells in porous electrode matrix

[그림] AIST(일), 연료극 지지체 마이크로튜브셀, advanced ceramic reactor 개발

#### ○ SOFC 실증연구

↳ SOFC 실증연구는 NEDO가 경제산업성으로부터 수탁받고, 신에너지재단이 재위임을 받아서 실시. 운전 데이터, 효율 데이터, 고장 데이터를 측정함으로써 SOFC 시스템의 기술과제를 추출하는 것이 목적. Kyocera와 신일본 석유화학은 1kW급, TOTO는 2kW급 시스템임.

↳ Kyocera와 오사카가스 공동 1kW급 시스템 개발. 셀에는 그림에서 보여주듯이 편관형 중공셀 사용하여 부피 효율 향상. 시스템 발전효율 45% LHV로, 열회수효율은 40% LHV.



[그림] 실증 실험에 사용된 셀들과 SOFC 시스템 외형

[표] SOFC 실증 연구현황 (2007)

설치운전 실험자	연료종류	시스템 제작자	설치 장소 수	설치조건
오사카 가스	도시가스	Kyocera	20	1호 건설주택
동경가스	도시가스	Kyocera	3	1호 건설주택
홋카이도 가스	도시가스	Kyocera	1	1호 건설주택
서부 가스	도시가스	Kyocera	1	1호 건설주택
신일본 석유	LPG	신일본 석유	1	일반주택
신일본 석유	등유	신일본 석유	1	일반주택
TOTO	도시가스	TOTO	2	업무용 설치