

## 일본 SOFC 개발 정부지원 현황

[표] 일본 SOFC 개발 수준

SOFC 단위셀 형태	개발회사	셀 스택 특성	기술 수준
원통형 (종호형)	동도기기	사출성형해서 LaMnO <sub>3</sub> 기본관을 제작, 슬러리법으로 치밀 박막 전해질, 다공질 연료극을 제조해서 동시소결 (900℃ 이상 고온 작동)	10kW급 천연가스 모듈을 개발 중, 1.6kW 시스템에서 0.12W/cm <sup>2</sup> , 연료이용률 70%, LHV 40% 달성, 열화율 0.3%/1000hr 이하
원통형 (횡호형)	원전개발 피쓰비시중공업	기체관위에 횡호상으로 단셀이 슬러리법으로 제작 (900℃ 이상 고온 작동)	가압 10kW급 스택 7000시간 이상 운전
평판형 (MOLB)	중부전력 피쓰비시중공업	단셀이 릴플상으로 평판의 인터컨넥터와 접속, 토레인 접속 (T-MOLB)을 개발, 고온 작동형 (900℃-1000℃)	수kW급 스택 5000시간 이상 운전, 연구개발 중단 (2008)
평판형 (디스크형)	관서전력 피쓰비시 머티리얼	LaGaO <sub>3</sub> 를 전해질로서 단셀, 800℃ 이하의 작동온도, Sealeless 구조로 금속 인터컨넥터 채용 (700℃-800℃ 중온 작동형)	1kW급 열자립 시스템, AC발전단 효율 45% HHV을 달성, 수10kW 발전 시스템의 실용화/상품화 목적
평판형 (디스크형)	동방가스, 쓰미토모 정밀, 제일희원소, 일본축매	Sc-ZrO <sub>2</sub> 자립막형 전해질, 800℃ 작동, 저가습 CH <sub>4</sub> 에서 작동 가능	1kW급 시스템 최대 1.5kW 달성
평판형	Kyocera(독자), 동경가스, 린나이, 가스터	Ni-YSZ 씨메트의 전극 지지형, 인터컨넥터는 세라믹 계통, 접속부는 합금을 사용, 750℃ 정도의 작동 온도	1kW 시스템, 750℃ 작동, 내부개질로 열자립 달성
평판, 평판형	NTT	공기극 지지체, 중공형	기초연구
평판형, 원통	전력중앙연구소	Ni-YSZ 씨메트의 전극 지지형 YSZ 입자는 조립과 미립이 혼합 (900℃ 이상 고온 작동)	20W 정도의 소형스택 연구, 0.6W/cm <sup>2</sup> 달성
원통형	Acumentrics Nippon Steel	튜브형 (800℃ 이하 작동 온도)	1kW에서 열자립, 100kW 시스템 제작, 4개 번들군으로 1MW 출현, 가압형

□ 일본 NEDO 프로젝트에 의한 SOFC 개발 현황

○ NEDO에 의한 SOFC 개발은 1989년부터 통산산업성(현. 경제산업성)의 지원을 받아 실시되고 있음.

○ 제1기(1989-1991년, 3년)

셀 제조기반기술을 중심으로한 요소기술개발 (100W급) 실현, 구체적으로는 셀 구성요소의 제조기술 중에 소결제조공정 및 용사법 등에 의한 제조기술 탐색과 발전성능의 검증 실시

○ 제2기(1992-2000년, 8년)

제1기 요소기술에 근거, 수백W급 모듈개발에 의한 요소기술을 연구하고, 수kW급 모듈(원통형, 3kW)을 개발하고 신뢰성 및 내구성 향상 연구에 주력했으며, 평판형(MOLB 형)에 의한 단위셀 및 셀스택에 대한 연구도 동시에 진행

○ 제3기(2001-2004, 4년)

미래의 실용 시스템에 적용 가능한 열자립 모듈의 기술개발과 SOFC 적용성 확대에 관한 요소연구를 수행, 열자립 모듈의 기술개발은 출력 규모를 열자립이 가능한 10kW급 용량의 원통형 셀과, MOLB형 평판셀 개발을 실시한 결과, 연료로서 천연가스를 사용해서 열자립을 달성하여 평균 셀 전압 0.7V이상(조건: 전류밀도 200 mA/cm<sup>2</sup>, 연료 이용률 75% 이상)을 얻었으며, 전압 저하율 0.25%/1000hrs 이 얻어졌음. 또한 적용성 확대에 관한 요소연구, 즉 가압 시스템을 지향한 진보형 원통형 셀의 연구에서는 0.4MPa이라는 가압하에서 소자 발전면적 기준으로 0.21W/cm<sup>2</sup>의 출력밀도를 달성하고, 고온하에서 금속 부재와 세라믹 셀의 밀봉 특성을 확보하는 접합기술을 확립. 저온 작동을 목표로 내열충격성 평판형 셀 스택 연구에서는 작동온도 750℃에서 평균 전압 0.7V 이상(조건: 전류밀도 200mA/cm<sup>2</sup>, 연료 이용률 75% 이상)을 실현함과 동시에 0.25%/1000hrs 의 전압 저하율도 얻어짐.

○ 제4기(2004-2007년, 4년)

상기 제3기 성과를 활용하여, 천연가스, 석탄가스 등 다양한 연료에 대응 가능한 소규모 분산형에서부터 대규모 화력 대체 시스템까지 넓은 적응성을 가진 SOFC에 대하여, 중소규모 분산형 전원 시장 등에 투입 가능한 고체 산화물형 연료전지 시스템 개발 사업을 추진하고 있으며, 2005년 이후 부터는 본격적인 시장도입을 위해 높은 신뢰성과 코스트 경쟁력, 그리고 편리성 확보를 위해 필요한 요소기술개발 진행.

○ 제5기(2008-2010년, 4년)

SOFC는 발전효율이 높고, 고가인 백금촉매를 필요로 하지 않으며, 일본이 축적한 세라믹 기술활용이 가능하다는 장점을 살려, 분산형 전원으로서 높은 기대를 모으고 있음. 그러나, 현재 내구성 및 실증 데이터(운전, 고장, 효율에 관한 데이터)의 축적이 부족한 면이 있어, 실증사업을 추진하게 되었으며, 향후 평가 분석 및 실용화를 위한 과제 추출 등에 의해 SOFC 실용화 촉진. 2008년 기준 실증사업 규모는 표 와 같으며, 약 7.5억엔(1kW급 2000만엔/대), 1~10kW급 약 30대에 대해 일본 전역(29 site) 에서 도시가스, LPG 등 탄화수소 적용 약 6개월 이상 운전하며 데이터 수집 실시 중임.

[표] SOFC 시스템 실증 현황(2008년도 기준)

시스템 제공자	정격출력	연료종류	실증 대수
Kyocera(주)	1KW급	도시가스	25
신일본 석유(주)	1KW급	LPG	1
신일본 석유(주)	1KW급	등유	1
TOTO(주)	2KW급	도시가스	2

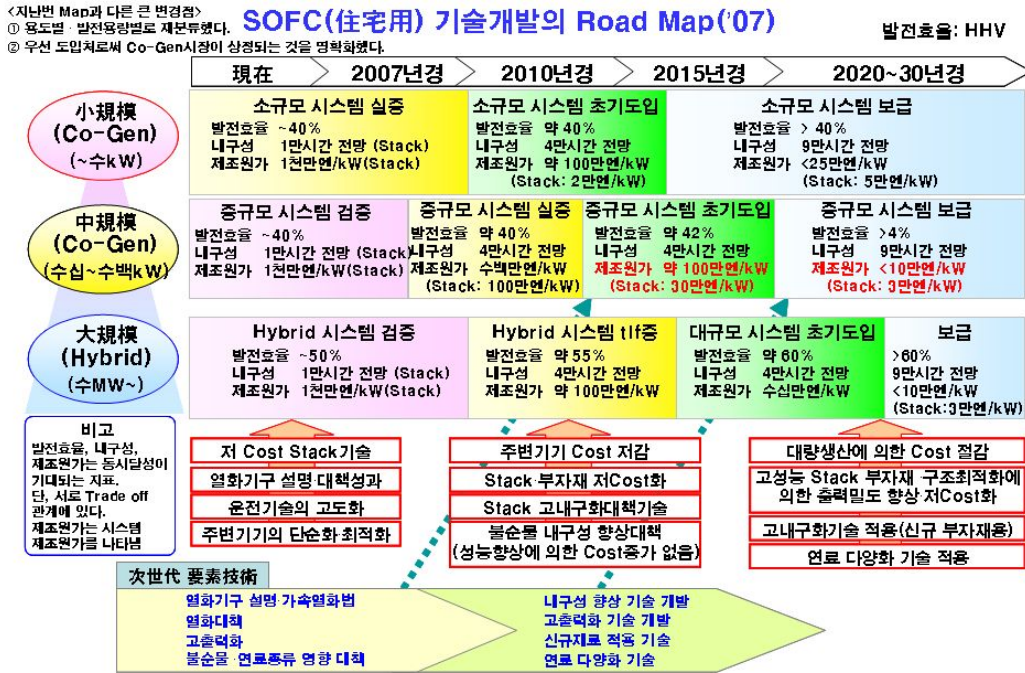
○ SOFC 실증 실험 결과 및 향후 계획

2008년 현재 일본의 실증 실험은 큰 착오 없이 계획한 대로 진행되고 있으며, 데이터 취득하는데 어려움이 없는 것으로 판단됨. SOFC는 열발전효율이 우수하기 때문에 일차 에너지 절감효과도 보이고 있음. 지금까지는 열(급탕) 수요가 작은 조건에서 측정했기 때문에 열이용률은 낮지만, 향후 열수요 증가에 따라 열이용 효율도 증가하게 될 것으로 예상되며, 2011년부터는 본격적으로 상용화/사업화에 진입 할 것으로 예상

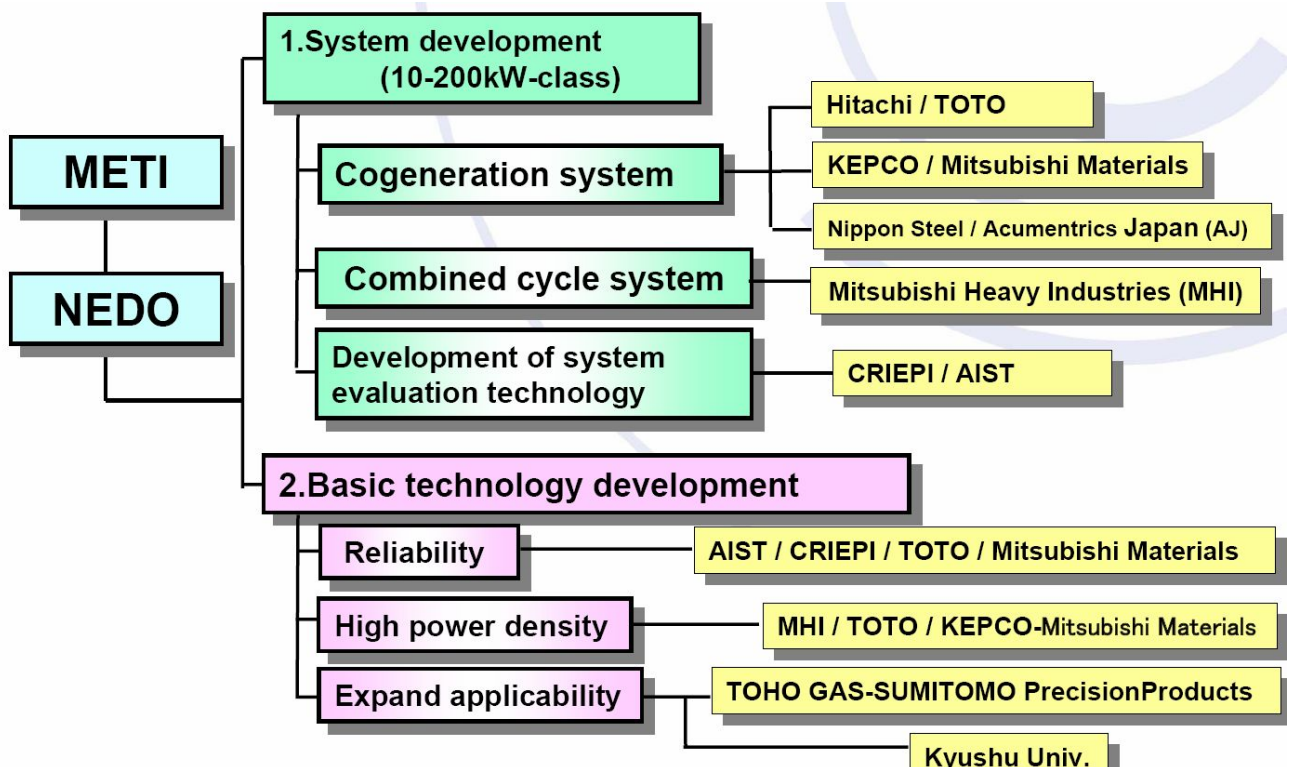
□ 일본의 SOFC 시스템 개발의 과제와 대책 (원통형 대용량 분산발전용 SOFC 를 개발해야 하는 사유)

- 소형발전 시스템(가정용/상업용, 1-10kW급) 고효율 열자립 운전 곤란
  - ☞ 일반적으로 SOFC는 대규모 발전에 유리
- 작동온도까지의 승온에 시간이 걸리고 기동이 느림.
  - ☞ 일반적으로 SOFC는 연속운전에 유리
- 주변부에 세라믹 및 내열합금을 다량 사용하기 때문에 고가
  - ☞ 대형 발전시스템(100kW급)을 구성해서, kW당 단가 저감
- 산화 및 열충격에 의한 장시간 내구성이 곤란

일정 출력 운전에 의해, 안전성 및 내구성 확보 가능



[그림] NEDO Technical Road Map



[그림] 일본 NEDO 과제에 참여하는 연구기관 및 기업