

선진국 SOFC 기술 동향

□ 미국은 세계 최대인 200 kW급 SOFC 발전시스템 개발함. 일본은 150 kW급 스택 제작 완료함. 미국은 수년 내 SOFC 발전시스템 개발 완료 예정이며, 일본도 200 kW급 개발로 실용화 추구. 현재까지 미국 스택기술이 앞서 있으나, 스택 소재기술은 일본이 좀 더 앞섬.

□ 다수 스택들이 제작되었지만 기술 개발 단계이며, 스택 설계 및 제조 공정 기술은 compact 하고 경제성, 신뢰성, 안정성이 확보되는 방향으로 개발되어야 함.

□ 현재의 기술 개발속도로 보아 2015년 이내에는 수백 kW급 SOFC 발전시스템이 실용화될 것으로 판단되며, 내구성, 안전성이 우수한 원통형 SOFC 셀이 중점적으로 개발될 것임. 이것은 현재 전세계 SOFC 연구개발과 일치하고 있음.

□ 영국 롤스 로이스와 일본 미츠비시 중공업은 전력회사, 가스회사, 에너지관련 회사 등을 중심으로 수백 MW급 SOFC 발전시스템 생산 목표로 연구 개발을 수행하고 있으며, 관련회사의 연구개발 투자비는 급속히 증가 전망.

가. 미국

□ 미국 Vision 21 프로그램에 독립적인 2개 SOFC 프로젝트 진행. Siemens Westinghouse(SWPC)사는 길이 1m 원통 튜브형 셀(AES셀) 외부에 음극재료, 전해질 및 양극재료로 구성된 원통형 단전지를 연결해 100kW급 SOFC 스택 개발해 11,000시간 이상 운전. 단전지로 6만9천 시간(>7년) 이상 연속 운전해 성능감소율 1%/1,000시간 이하이고, 114회의 thermal cycles 실험 수행함. 그러나 고가 제조공정(Electro Vapor Deposition법, 단전지당 2회 이상 공정소요)에 따른 생산원가 상승과 구조적 요인에 따른 발전효율 저하, 대량생산의 어려움 및 엄청난 생산설비 투자 등이 단점으로 지적되었음. 이후 마이크로가스터빈과 하이브리드(hybrid)방식의 220kW급 SOFC-GT(Micro) 발전시스템 개발.

□ 2000년 DOE 주관 SECA(Solid state Energy Conversion Alliance) 프로그램 통해 SOFC 상용화 목적으로 사업시작. SECA에서는 GE, Delphi 등 산업체와 PNNL, ANL, ORNL 등 국립연구소들이 컨소시엄 구성 연구진행. 이들은 단전지 대면적화, 구성요소 박막화를 통한

소재비 절감과 부품 양산공정 통한 시스템 경제성 확보에 집중. SOFC 성능향상 기술개발은 Georgia Tech, Florida, Utah 대학 등 연구소 및 대학팀들 위주 진행.

- 1960년대부터 개발 시작.

- 웨스팅하우스사 220kW SOFC-GT(가스터빈) 복합발전시스템 개발, MW급 복합발전소 2기 개발 중.(DOE지원)

- DOE Near-Term DG 프로그램으로 2030년까지 MW급 SOFC 실용화 예정.

- EPRI, NIST, GRI 사업으로 SOFC 기술 개발 지원.

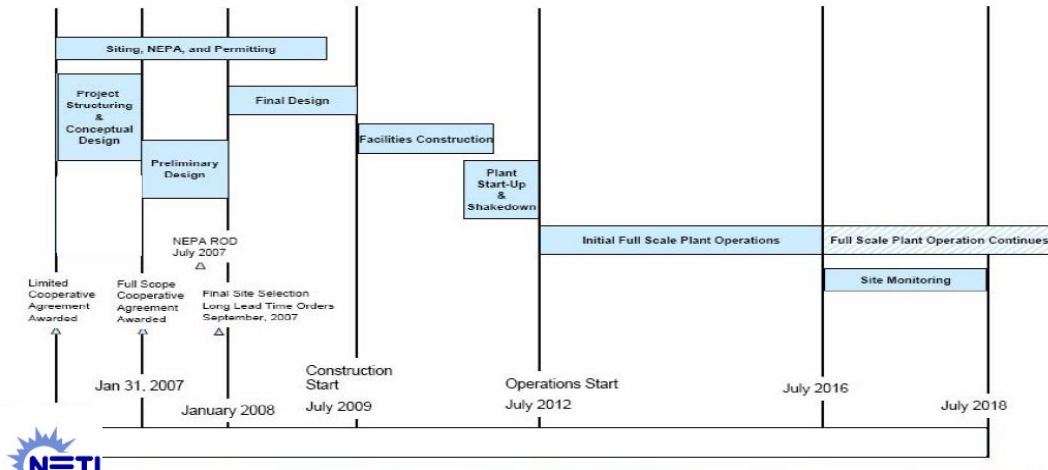
- DOE, 1999년 21세기 연료전지개발 6개 과제 중 SOFC 5개 선정, 이와는 별도로 초저가 SOFC 개발 4개 과제에 2천4백만 달러 지원 결정.

- DOE, 2001년, SECA(SOFC 개발연합), EPRI의 참여로 저가 SOFC 개발목적으로 10년간 5억 달러 지원 프로그램 확정 발표.

- 중대형 발전소의 군수용, 가정용(RPG), 자동차용(APU) 등 다양한 목적으로 기술 개발 진행.

SECA Project Schedule

Conceptual System Design including Carbon Capture	Sub-Module Prototype ~ 1MW	Manufacture – 10 MWs per System	Operation 40,000 Hours
NEPA – Manufacturing & Site	Location – TBD	Full Scale Balance of Plant >50% HHV With Carbon Capture	
SECA Module – < \$225/kW	\$400/kW System		



[그림] SECA 프로젝트 연구 개발 스케줄

나. 일본

□ 1974년 Sunshine 계획 따라 MITI(통상산업성)에서 원통형 쪽에 연구개발 자금 지원 이후 ETL(전기기술연구소), MHI(미쓰비시 중공업), Fujikura, NKK, JFCC(일본 파인세라믹) 참여. NEDO와 AIST(Agency of Industrial Science and Technology) New sunshine 계획 지원. 여기에는 NIMC, ETL, NIRE 참여 하며 NEDO의 지원 개발로는 원통형 SOFC로 TOTO사, Kyushu 전력, Nippon Steel 참여. 평판형 SOFC는 Chubu 전력, 도쿄가스, SOFC 구성재료 개발에는 CRIEPI와 JFCC, 각 대학들이 참여. NEDO 연구개발 계획 따라 Westinghouse사 원통형 25kW급 실증실험 (3,000시간 운전). MHI(미쓰비시 중공업) 밴드형 셀 개발하여 150kW급 스택 가압 하에 7,000 시간 운전. 또한, MHI(미쓰비시 중공업)는 중부전력과 공동으로 MOLB type 평판형 SOFC(ceramic interconnector 사용)를 개발해 5kW급 module 운전. 2001년 25kW급 SOFC 시스템 개발해 3,000시간 운전. 이외에도 AIST, 도호쿠 대학, 요코하마 대학 등에서 SOFC 요소기술 연구 진행.

- 1980년대 초 Moon Light 프로그램으로 개발 시작.
- 현재 NEDO 주도로 New Sunshine 프로그램으로 추진 중.

○ 1997년 기술개발 평가를 통하여 개발 방향 변경, 1998년부터 TOTO 웨스팅하우스사식 공기극 지지체형 SOFC 개발 및 100kW 개발 중, 미쓰비시 원통형 및 평판형 SOFC 25kW급 개발.

○ 전원개발-미쓰비시사, 100kW급 개발 진행.

○ CRIEPI 등은 전력사 지원으로 현재까지 대형화보다는 1kW~10kW급 스택 개발을 통하여 원가 절감, 대형화, 성능 및 수명 향상 등 연구 개발 추진.

○ 미쓰비시 가압 150kW 시스템 운영 중.

다. 유럽

□ 1974년 1차 오일쇼크 이후에 SOFC 연구개발 시작. 평판형과 800℃ 부근에서 운전되는 중온형 연구개발 중점. 기초연구, 스택개발, scale-up 및 시스템 개발 : Brite/Joule Program DG XII. 신 에너지 기술 및 경제성 평가 : Thermie Program DG VII, Energie Program. IEA의 SOFC개발 사업 진행(독일, 프랑스, 영국, 이탈리아, 네덜란드, 덴마크, 스위스, 노르웨이 및 일본) : (Forschungszentrum) Juelich 연구소(독일) 주관, Siemens, Dornier, Rolls Royce 등의 기업 참여

○ 독일 Siemens社 : 10 ~ 20kW급 SOFC 개발, Westinghouse社의 원통형 SOFC 개발관련 기업과 기술을 인수, 현재 원통형에만 집중. 최근Juelich 연구소를 중심으로 연료극 지지체형 SOFC 단전지 제조와 10kW급 중저온형 평판스택의 제작에 집중, 각 대학과 연구소에 꾸준히 SOFC 구성소재 및 반응 메커니즘에 대한 연구를 추진 중

○ 덴마크 Risoe 연구소, 대학 및 기업과 공동으로 중저온 평판형 SOFC를 개발, 수 kW의 스택 제작

○ 네덜란드 ECN: Cell 제조사 InDEC를 지원, 스위스의 Sulzer사에 cell을 공급, 상용화용 40kW급 SOFC-GT 개발 중

○ 영국 British gas와 6개 연구소, 공동으로 복합 평판형(integrated planar)으로 개발 중. Rolls-Royce : 2000년 1kW급 스택 제작 및 시험, 현재 80kW급 스택 상용화를 위한 설계 및 개발 중. ALSTOM : Juelich 및 ECN과 공동으로 5kW, 20kW급 스택을 개발 중

○ 프랑스 프랑스가스사(GdF), 프랑스전력(EDF) : EC에서 지원하는 1MWe SOFC/Gas Turbine 프로젝트 참여. 프랑스 전력 : Rhodia, CEA 및 대학 등과 공동으로 저온형 SOFC 개발, modelling 분야에 관한 연구를 추진 중

○ 스위스 Sulzer-Hexis社 : ceramic/metal Hybrid design 개발 중, 1993년 40개의 단전지를 적층한 1kW급 스택 개발, 세라믹/금속접합과 열 시스템 개발, 현재 평판 원반형 SOFC를 기본 구조로 하는 3kW급 스택으로 난방과 발전을 겸하는 소형 주거용 (RPG, Residential Power Generation) SOFC 시스템 개발을 추진 중 (Ceramatec社에서 세라믹 구성요소 제작)