

# 고체산화물 연료전지(SOFC) 핵심기술개발사업 소개

이 해 원

한국과학기술연구원 나노재료연구센터  
hwlee@kist.re.kr

## 1. 추진 배경

향후 우리나라를 이끌어갈 10대 차세대 성장동력 중의 하나인 연료전지기술이 실질적인 성장동력으로 작용할 수 있을지의 여부는 관련 핵심기술들을 기술경쟁국들에 비해 얼마나 빠른 시간 안에 효과적으로 확보하는가에 달려있다. 이러한 핵심기술 확보의 중요성은 현재 국가중추적인 역할을 하고 있는 기간산업들의 국제 경쟁력 추이를 살펴보면 자명해 진다.

현재 우리 경제를 이끌고 있는 대표산업이라 할 수 있는 반도체와 전자산업의 경우 세계 최강국이라는 평가에도 불구하고 관련 소재 및 부품산업에 대한 원천기술의 부족으로 그 기반은 허약하기 짝이 없다. 이러한 기술기반의 취약성은 채산성의 악화로 이어져 국제 경쟁력의 약화는 물론 신기술개발에 대한 투자의욕을 꺾게 되고 나아가 관련 소재부품 산업의 육성도양 자체를 상실시키는 악순환을 불러온다.

이러한 산업구조의 취약성은 그간 국내 산업이 장기적인 투자자가 필요한 핵심소재 및 부품기술에 대한 투자보다는 단기적으로 성과를 낼 수 있는 조립기술에 매달려온데 가장 큰 원인이 있다고 볼 수 있다.

이에 본 사업에서는 차세대 연료전지 기술로 주목받고 있는 고체산화물 연료전지기술이 실질적인 차세대 성장동력으로 자리 잡을 수 있음은 물론 미래의 에너지기술 시장을 주도할만한 국제경쟁력을 확보할 수 있도록 고체산화물 연료전지 관련 소재 및 부품에 대한 핵심원천기술을 확보하기 위한 연구개발을 수행하고 있다.

본 사업을 통한 SOFC 소재/부품에 대한 원천기술의 확보 및 이를 활용한 소재부품산업의 육성은 기존의 조

립산업에 비해 훨씬 많은 정책적 배려와 관심 그리고 지속적이고 장기적인 투자를 필요로 하지만, 고용효과와 부가가치 창출 측면에서는 조립 산업에 비하여 훨씬 효과적이면서도 효율적이며 궁극적으로는 산업구조의 취약성을 개선하는데 크게 기여할 것으로 기대한다.

또한 본 사업을 통한 SOFC 소재/부품에 대한 원천기술의 확보는 고체산화물 연료전지 시스템 사업은 물론 연료생산, 연료개질, 연료저장 및 공급과 같은 관련 인프라 산업의 육성을 도모하게 되고 나아가 국가기반산업인 자동차, 전자 그리고 에너지 발전 산업 전체의 국제 경쟁력과 부가가치 창출의 극대화에 상당히 큰 추진력을 제공할 것으로 기대한다.

## 2. 본 사업의 기술개발 추진 방향

본 사업에서 담당하고 있는 고체산화물 연료전지 소재 및 부품 기술개발 계획은 수소 연료전지 사업단이 추진하고 있는 SOFC의 상용화 계획을 적극적으로 지원할 뿐만 아니라 차세대 성장동력 계획의 전체 스펙트럼을 수용할 수 있도록 추진하고 있다.

이를 위해 산학연으로 구성된 연구주체들간의 효율적인 역할 분담을 통하여 기술력을 제고함은 물론 개발된 고유원천기술을 바탕으로 국제경쟁력을 확보해 가는 모델을 확립해 나가고 있다.

또한 본 사업을 통해 창출된 기술개발 성과는 연료전지 활용분야와 상호유기적이고 협조적인 체제를 유지하여 상용화를 위한 신뢰성과 경제성을 확보하는데 최우선을 두고 있으며 이를 위해 R&D 체제보다는 RD&D 개념을 추구하여 연료전지 활용산업에서의 직접적인 실

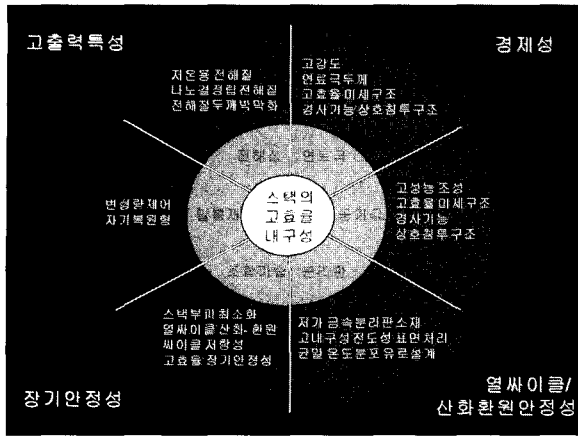


Fig. 1. 기술개발의 최우선 과제.

증시험을 지원하고 이에 따른 피드백과 스택 및 시스템의 설계를 반영할 수 있는 수준의 소재/부품 기술개발을 목표로 하고 있다.

특히 본 사업에서는 연료전지의 종류와 용도에 따라 다양한 편차를 보이고 있는 상용화시기를 고려하여 이에 상응하는 기술개발의 세부적인 대책을 세우고 있으며, 항시 기술개발 로드맵 상의 진척도와 상용화 진척도를 평가분석하여 단계별로 선택과 집중을 해나가고자 한다. 이를 통해 차세대 성장동력 기술분야로서의 취지를 살릴 수 있으면서도 국제경쟁력을 충분히 확보할 가능성이 있거나 국가 산업 전략상의 필요성이 있는 분야에 기술개발 자원을 집중해 나가는 방식으로 사업을 운영해 나가고 있다.

### 3. 기술개발의 최우선 과제

세라믹소재를 기본으로 한 SOFC는 다른 유형의 연료전지와 달리 스택구성 부품들이 대부분 아주 복잡한 제조공정을 거치게 되므로 소재 및 부품의 물성과 신뢰성이 공정 결합과 밀접한 관계를 가지고 있다. 특히 다공성 복합체사이에 치밀한 세라믹 막을 형성하여야만 되는 단전지의 경우 제조 및 운전 조건에서의 구조적 안정성을 확보하기 위하여 소재 및 부품 구조설계를 만족시키기 위한 고난도의 공정기술을 필요로 한다. 따라서 재현성 있는 제조공정의 확립을 위해선 세라믹공정 전반에 걸친 기술적 경험과 know-how가 필요하다.

또한 SOFC는 다른 유형의 연료전지에 비해 구성성분들의 미세구조 차이에 의한 성능변화가 심하다. 따라서 구성성분들에 대한 미세구조 분석과 물성평가, 그리고 이들 미세구조와 물성간의 연관관계에 대한 정량적인 데이터베이스가 필요하다. 이러한 기술적 특수성 때문에 SOFC 기술개발에는 물성-미세구조-공정기술들을 효과적으로 연계할 수 있는 개발체계가 필요하다. 마지막으로 SOFC 단전지를 경제적으로 제조하기 위해서는 고온 구조 세라믹 재료 개발의 경험을 살려 공정 재현성 확보에 의한 수율 향상, 부품의 치수안정성을 통한 가공비 절감, 시제품 제조기간의 단축에 의한 신속한 설계 변경 및 평가 자료 축적과 피드백 촉진 등에 유의하여 연구개발이 진행되어야 한다.

따라서 세라믹 소재의 특징인 취성 파괴를 적절히 제어할 수 있는 전문지식의 기반위에 연료전지의 전기화학 현상을 이해하며 구성물을 개발하고 운용할 수 있는 기관의 주도하에 산·학·연 협동 연구체제를 구축하여 Fig. 1에서와 같이 SOFC 스택 구성부품들의 신뢰성과 경제성을 확보하여 스택 및 시스템의 독자설계를 뒷받침할 수 있는 고유원천기술의 개발을 최우선적인 목표로 두고 있다. 이를 통해 수소연료전지 사업단의 시스템 개발과제들과 유기적이며 상호보완적인 연계체계를 구축함으로써 개별 사업팀들의 기술경쟁력을 향상시키고 차세대 성장동력사업으로서의 SOFC 기술에 대한 혁신을 불러오하고자 한다.

### 4. 추진체계

핵심 노하우 기술 확보와 실용화 조기 정착, 역할 분담을 통한 산학연 협동연구 개발 체계 구축, 관련기술의 적극활용 및 R&D 투자 극대화 및 효율화, 그리고 선진기술 도입을 위한 국제협력 강화 등의 본 사업의 추진전략을 추구함에 있어서 소재/부품, 스택/시스템, 활용/운전 분야의 기술개발 주체들 간에 SOFC 기술개발 네트워크의 구축이 무엇보다 중요하다. 이러한 SOFC 연구개발 네트워크의 구축은 각 용도별로 세분화되어 있는 연구개발 인프라 내에서 인적 및 물적 자원의 교류를 활성화함으로써 각 기술개발 영역의 원천기술의 확산을 촉진

Table 1. 고체산화물 연료전지 핵심기술개발사업의 추진체계

주관 연구기관 한국과학기술연구원				- 전체사업 종합 - 추진협의회 구성 및 평가 - 기술협력 추진
<b>연구소</b>	<b>대학</b>	<b>기업</b>	<b>국제협력</b>	
구성 요소 핵심 원천 기술개발	구성요소 기초 연구 및 인력 양성	시스템 상업화	신소재 및 신공정 개발	
고성능 촉매, 전해질막, 분리판 제조 및 최적화 원천 기술 개발	전극 및 전해질 구조 및 반응 기구 해석, 소재 원천 기술 개발	부품 양산 공정 개발 시스템 경제성 확보	기술 협력 및 공동연구 추진 연구원 교류	
한국과학기술연구원 한국에너지기술연구원 요업기술원 포항산업과학연구원	서울대, 연세대, 명지대, KAIST, 포항공대, 고려대, 성균관대, 홍익대, 인하대, 서울시립대, 경북대, 경남대	POSCO 현대자동차	일본 AIST 독일 FZ-Julich 미국 MIT	

하고 고체산화물 연료전지기술의 최종수요자들을 위한 선택의 폭을 넓힘으로써 연료전지의 상용화를 촉진하는 기술개발의 시너지 효과를 기대할 수 있다.

또한 SOFC 소재/부품 분야의 기초원천 연구개발 분야에서는 국제적인 네트워크 구축을 통하여 신속한 정보 및 기술교류를 촉진하고 국제적인 분업체제에 대비할 수 있어야 한다. 특히, 차세대 SOFC의 소재/부품기술에서 중요한 역할을 할 것으로 예상되는 나노재료, 나노촉매, 나노생체기술, 나노디바이스기술, 나노공정기술 등의 관련 분야와 나노기술의 진전에 따라 실현가능한 금속-고분자-세라믹 이중 복합재료기술 분야는 SOFC 기술개발에서 주목하여야 하는 기술분야이다. 이러한 기초연구 분야의 국제적 네트워크를 구축하고 활성화 함으로써 차세대성장동력으로서 SOFC 기술분야의 잠재적 기술수요에도 대비하여야 한다.

이를 위해 본 사업에서는 Table 1에서와 같은 연구개발 추진체계를 구성하고 사업목표를 달성하기 위한 연구개발을 진행하고 있다. 먼저 주관기관에서는 산학연 역할 분담을 통한 효과적인 연구 개발 추진 및 진도관리, 실용화 기반 구축을 위한 조정역할에 주력하고 있으며 특히 국내 확보에 장기간의 연구가 필요한 일부 기술들을 국제협력 체계를 통해 확보하기 위한 노력을 하고 있다. 세부기술별로는, 오랜 연구 경험과 숙련된 연구 인력을 보유하고 있는 출연연구소가 구성요소의 성능향상, 신뢰성 확보, 양산화 및 셀 적층 등의 핵심 원천 기술 개발은 담당하고, 구성 소재의 기초연구 및 인력 양성 분야는 대학이 담당하고 있으며, 개발된 원천기술의 실용화 추진

1단계 연구개발 추진체계

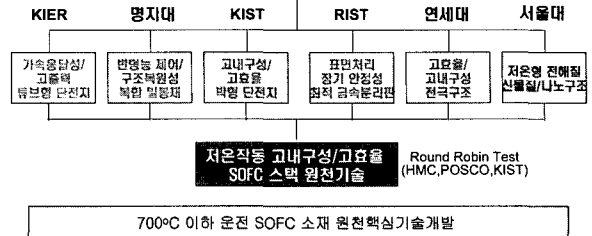


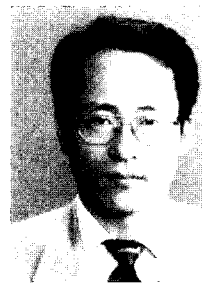
Fig. 2. 1단계 세부과제별 연구추진 체계.

은 기업에서 담당하는 식으로 역할 분담이 되어 있다.

본 사업에서는 저온작동 고내구성 SOFC 스택 원천기술개발이라는 목표하에 총개발기간 8년 중 1단계 2년 동안 스택구성 요소 및 핵심기술별로 Fig. 2와 같은 역할 분담을 하여 연구개발을 추진 중이며 세부과제별로 도출된 기술들은 주관기관과 참여기업에서 round robin 방식으로 평가를 하는 체계를 갖춰 사업을 진행시키고 있다.

## 5. 맺음말

본 연구개발사업은 SOFC의 소재/부품관련 원천 요소 기술의 개발을 통해 시스템개발 연구의 촉진제 역할을 자임함은 물론 산학연 연구개발 체계를 통해 전문인력의 효율적 양성에도 많은 자원을 투입하고 있다. 또한 본 연구개발사업을 통해 확보될 저온형 SOFC 용 소재/부품 원천기술은 고온형 SOFC 기술의 한계까지 극복할 수 있는 핵심기술이 될 것이기에 전자제품 탑재를 위한 휴대용 소형 저온 연료전지부터 수송용, 가정용, 발전용으로 사용할 수 있는 고온형 연료전지 분야까지 SOFC의 활용 가능성을 최대한으로 넓힐 수 있을 것으로 기대한다.



### 이 해 원

- 1980년 서울대학교 요업공학과
- 1982년 서울대학교 요업공학과 석사
- 1990년 U. Florida 재료공학과 박사
- 1990년 美 Keramont Advanced Materials Corp., R&D Manager
- 1992년 KIST 나노재료연구소, 선임, ~현재 책임연구원
- 2004년 SOFC 핵심기술개발사업 총괄 ~현재 책임자