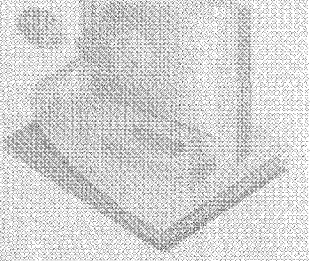


# 수송용 고분자 전해질 연료전지의 개발동향



정유라 석사과정, 홍창우 석사과정, 최용성 교수, 이경섭 교수 (동신대학교 전기공학과)

## 1. 서론

현대 사회에 있어 에너지원의 확보는 경제 및 산업 발달에 필수적인 핵심요소이며 에너지원의 중요성은 에너지의 소비량의 급속한 증가와 화석 연료의 가채량 한계의 가시화에 의해 더욱 증대되고 있다. 세계 에너지 소비량은 가채량의 한계가 가장 심한 석유 의존도가 높은 수송 분야에서 두드러지게 증가하고 있다. 이에 따라 세계 각국들은 에너지원 확보에 총력을 기울이고 있다.

하지만 화석에너지의 소비가 급증하면서 대기 오염이 심각해지고 특히 급증하는 온실가스 배출은 심각한 기후변화를 야기한다고 알려져 있으며, 이에 따라 1997년 12월 주요 선진국들은 Kyoto에서 2008년~2012년까지 CO<sub>2</sub>를 1990년 대비 EU 회원국은 8%, 미국은 7%, 일본은 6%를 삭감할 것을 골자로 하는 의정서를 채택하였고 이산화탄소 발생량 세계 10위인 우리나라도 이에 대한 대비가 시급하다. 또한 최근 사회적 화두가 웰빙(Well-being)으로 정착되면서 생활환경에 매우 민감해짐에 따라 더욱 거세지고 있는 NIMBY 현상 때문에 원자력 발전소, 석탄 화력발전소는 물론 송전 시설 건설에 이르기까지 심각한 반대에 부딪히고 있어 우리나라의 미래 전력 수급에 중대한 차질이 예상된다.

따라서 에너지원의 안정적 확보는 향후 우리나라 경제 및 산업 발전을 결정하는 핵심요소이다. 에너지 자원 빈국에서 21세기 에너지 기술 강국으로 도

약하여 안정된 에너지원의 확보 및 차세대 경제성장 동력을 수소연료전지 분야에서 모색하고 있는 우리나라는 수소연료전지 기술개발에 국가적 총력을 기울이는 것이 타당하고, 그 중 자동차산업은 2015년 이후 약 11% 이상을 점유할 것으로 전망되어 CO<sub>2</sub> 문제, 에너지문제, 강화되는 환경규정 등에 대응하기 위해서는 수소연료전지차의 개발이 필요하다.

본문에서는 수송용 고분자 전해질 연료전지의 개발동향에 대해 알아보았다.

## 2. 수송용 고분자 전해질 연료전지의 개발 동향

수소연료전지차에는 여러 가지 다양한 연료전지 중에서도 운전온도가 저온이며, 출력밀도 및 시동 특성이 우수한 고분자 전해질 연료전지가 사용되며 연료전지에서 생성되는 전기로 모터를 구동시킨다. 수소연료전지차는 그림 1과 같이 구성되어 있다.

고분자 전해질 연료전지 스택은 수소와 산소의 전기화학반응이 일어나는 부품으로 1V 내외의 전기를 생산하는 단위전지를 원하는 전압에 이르기까지 수백 장을 적층한 것으로 차량의 구동에 필요한 전기를 생산하는 핵심부품이다. 그림 2와 같이 다양한 부품들로 구성되어 있다.

우리나라의 스택개발은 1999년 G7 차세대 자동차 기술개발 사업의 일환으로 국내에서 처음 개발된 연료전지 스택은 최고출력 2 kW, 출력밀도 200 W/ℓ

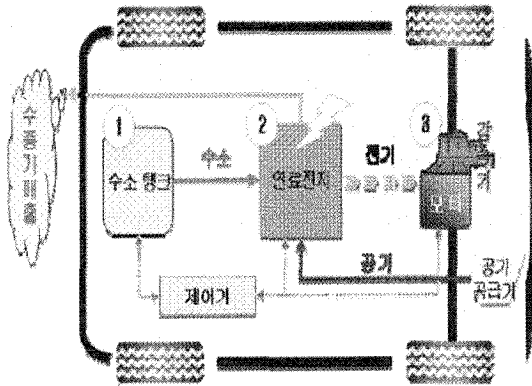


그림 1. 수소연료전지차의 구성.

이하의 성능을 가졌으며, 2007년 버스용 연료전지 시스템 개발 과제로 국내에서 개발된 수송용 연료전지 스택은 최고출력 100kW, 출력밀도 1,200 W/l로 8년의 개발 기간 동안 최고출력은 50배, 출력밀도는 7배 이상의 기술 개발이 이루어져 있다.

1999년 개발된 2kW 스택의 내구는 200시간이었으며 2007년 개발된 스택의 내구는 4,000시간을 경과하여 약 20배 이상 내구성이 향상되었다. 그림 3은 국내 수송용 연료전지 스택 개발의 이력을 나타낸 그림이다.

분리판은 차량용 분리판 설계 기술을 확보하였으며 특히 비다공성 소재로 스택을 상압에서 운전 가

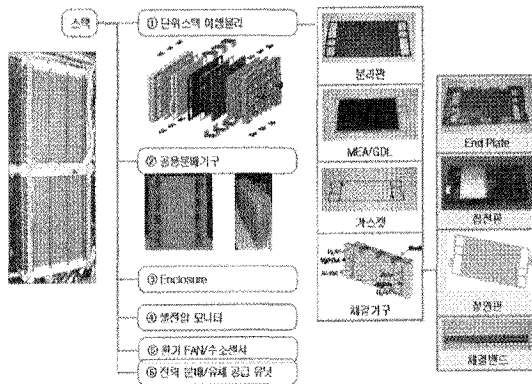


그림 2. 연료전지스택의 구성.

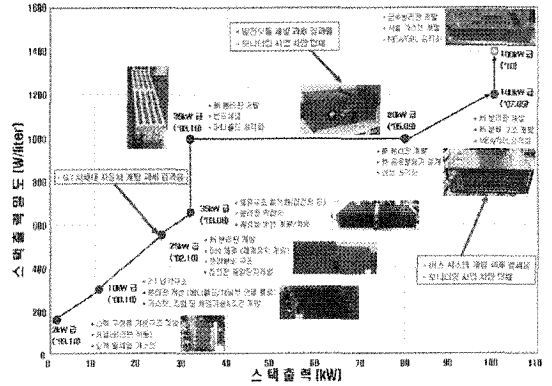


그림 3. 국내 수송용 연료전지 스택 개발 이력.

능하도록 분리판의 압력강하를 최소화할 수 있는 설계 기술력은 세계 최고 수준이다. 또한 스택의 기밀을 유지하기 위한 개스킷 개발이 단계적으로 진행되어 초기에는 실리콘계 개스킷이 적용되었으나 내구성이 향상된 고상 불소계 개스킷이 개발되었으며 조립 생산성 향상을 위해 분리판과 일체화시킬 수 있는 불소계, 실리콘계 및 불소 실리콘계 사출 개스킷이 개발되었다.

전극막에서는 전극막의 내구를 향상시킬 수 있는 운전기술, 시동/정지 기술, 보관기술 등이 개발되었으며 열화 가속모드 개발이 완료단계에 접어들고 있다. 실험실 수준에서 전극막의 제조 기술이 개발되고 있으며 초기 성능면에서 세계 수준에 근접하는 기술이 개발될 것으로 예측되고 있다. 아직 가스확산층의 제조 기술 개발은 진행되고 있지 않으나 기초 물성 및 스택 성능에 영향을 미치는 설계 요소들에 대한 이해도가 향상되어 독자적인 사양을 제시할 수 있는 수준에 도달하였다.

수송용 연료전지 스택은 2005년부터 2006년 기간 동안 연구를 포함하여 10대 미만이 제작되었으나 2007년 이후 급속도로 가속화되어 약 30대 정도의 차량용 연료전지 스택이 제작되고 있으며 이러한 증가 속도는 2010년에도 지속적으로 이어지고 있다. 연료전지 BOS 부품 제작 업체들이 자체적인 연구/설계 인력을 보유하기 시작하였으며 이는 새로운 사업에 의한 고용 창출 효과를 나타낼 것이다.

선택된 기준	Well-to-Tank (연료생산효율, %)	Tank-to-Wheel (자원효율, %)	Well to Wheel (WtTxTW) (중립효율, %)			
			10	20	30	40
가솔린 내연기관 <sup>1)</sup>	86	18	16			
디젤 내연기관 <sup>2)</sup>	89	22	20			
하이브리드 자동차 <sup>3)</sup>	66	30	26			
전기자동차	26 <sup>4)</sup>	80	21			
연료전지자동차	75 <sup>5)</sup>	40	36			
연료전지자동차 (목표)	70	60	42			

	주행비용		CO <sub>2</sub> 배출량 (g/km)
	현재	향후(2015)	
가솔린 내연 기관	190원 / km	300원 / km	140 ~ 240
연료전지	60원 / km	25원 / km	0

● 주행차 (현재 1,600원/l, 2015년 3,000원/l, 10km/l) 기준  
● 수소가격 (현재 5,000원/kg, 2015년 2,500원/kg, 목표) 기준

그림 4. 수소연료전지차의 개발 효과.

그림 4는 수소연료전지차 개발 효과를 나타낸 그림이다. 그림 5는 수소연료전지차의 시장전망을 그림으로 나타내었다. 이 그림에서 자동차의 친환경 패러다임은 고효율 무공해 자동차를 지향함을 알 수 있다.

최근 주요국의 동향을 살펴보면 미국은 고온 전해질막 및 열화기구 규명 및 내구성 향상에 집중되어 있고 회사에 대해서는 소재개발과 관련 생산기술개발에만 지원하여 장기간 기초개발의 결과 세계적 경쟁에서 우위에 서있다. 일본은 정부출연 연구소와 대학이 주도적으로 상용화에 대비한 기초 기술 및 내구성 향상 기술 개발에 중점을 두고

	2010 ~ 2010	2011 ~ 2020	2021 ~ 2030	2031 ~ 2040	2041 ~ 2050
미국	I. 기술개발단계		II. 초기 시장전환 단계		III. 시장확대단계
	* 2010년 FCEV 생산 목표, 2020년 본격 생산				
	* FCEV 1,200대   * FCEV 300,000대   * FCEV 1,000,000대 * FCEV 1,000,000대   * FCEV 1,000,000대   * FCEV 1,000,000대				
일본	I. 야망기		II. 시장출기		III. 시장확대기
	* FCEV 80,000대   * FCEV 8,000,000대   * FCEV 16,000,000대 * FCEV 80,000대   * FCEV 8,000,000대   * FCEV 16,000,000대				
	* FCEV 80,000대   * FCEV 8,000,000대   * FCEV 16,000,000대				
유럽	I. 연구개발 심화단계		II. 초기 시장전환		III. 시장확대 및 시장형성
	* 기술개발 및 수백대 규모의 차량운행(2010 ~ 100)				
	* FCEV 2,000,000 ~ 4,000,000대   * FCEV 2,000,000 ~ 4,000,000대				

그림 6. 국가별 연료전지차 실용화 로드맵.

연구를 하고 있다. 우리나라는 연료전지 분야 기반 기술을 확보하고 있고 촉매, 재료 등 관련 분야 경쟁력이 우수하고 생산 기술도 세계 수준이지만 아직 원천기술 확보가 미흡하고 원소재의 해외 의존도가 심하다. 하지만 정부의 확고한 의지로 대체에너지 보급목표 설정 및 차세대 성장 동력으로 선정하여 민간 투자의지도 확대되고 있다. 그중 연료전지차는 수소경제를 이끄는 핵심 사업으로 그림 6은 국가별 연료전지차 실용화 로드맵을 제시한 그림이다.

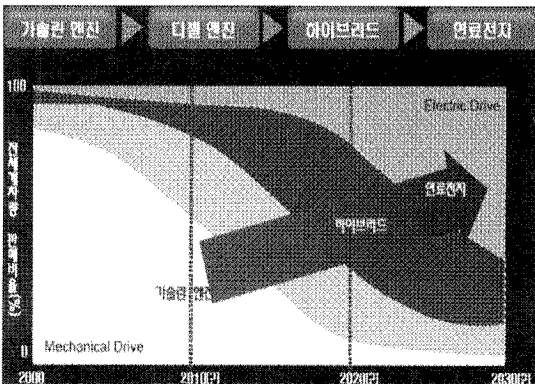


그림 5. 수소연료전지차 시장 전망.



그림 7. 현대-기아-100 kW 연료전지시스템 적용한 투싼 연료전지차.

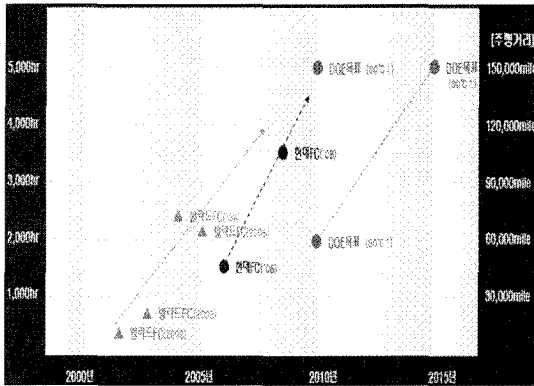


그림 8. 실용화 과제 : 내구성.

### 3. 결론

지금까지 수송용 고분자 전해질 연료전지의 개발 동향을 알아보았다. 향후 연료전지가 상용화되기 위해서는 몇 가지 문제점을 발견할 수 있었다.

#### 3.1 기술적 장애요인

연료전지가 상용화되기 위해서는 스택의 내구성능과 저온 시동성 확보가 필요하다. 실험실 조건에서 5,000시간 내구성능을 확보하였으나, 실제 차량에 탑재된 상태에서의 운전 5,000시간을 달성하기 위해서는 실 도로 주행을 통한 데이터 확보가 필요하다.

운전장치는 국산화에 필요한 국내 기초 기반 기술 및 핵심 요소기술을 확보하고 전문부품업체의 육성이 필요하다.

또한 수소를 저장하는데 있어 부피저장밀도가 낮아 차량의 패키지에 매우 불리하고 심한 진동이 반복적으로 이루어지고 있으므로 이에 대한 피로 파괴 등을 심각하게 걱정해야 한다. 수소를 사용하고 있는 모든 배관, 피팅 등에서 이에 대한 검증이 반드시 필요하며, 이에 대한 기반 기술을 지속적으로 습득해야 할 것이다.

#### 3.2 기술 외적 장애요인

스택은 국내에 연료전지 요소부품을 구성하는 탄

소섬유, 전해질막 등에 대한 생산 인프라 기반이 취약하여 기술 개발이 어렵고, BOS 부품에 대한 기존 기계 산업 관련 업체들의 기술 개발 참여도가 떨어져 기계, 전기, 탄소섬유, 촉매 고분자 등 연료전지 개발에 필수적인 분야의 전문 인력이 부족하다.

운전장치에 대한 기술개발 인력 및 기술 개발 인프라가 부족하고 기술개발을 위한 정책 및 투자지원도 아직은 부족한 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하여 수송용 고분자 전해질 연료전지가 실용화 된다면 에너지 자원 빈국에서 21세기 에너지 기술 강국으로 도약할 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 신재생에너지 RD&D전략 2030, 산업자원부, 에너지관리공단 신·재생에너지센터, pp3-71.(2007)
- [2] 임태원, 수송용 연료전지 기술현황 및 상용화 과제, 현대-기아 연구개발본부, pp1-47.(2008)
- [3] 박노연, 김형욱, 수소·연료전지 연구개발 투자현황 분석, 한국수소 및 신에너지학, pp143-148.(2010)
- [4] 남기석, 수소·연료전지 개발현황과 전망, 한국심리학회, pp13-25.(2009)

### 저자|약력|



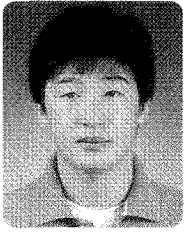
성명 : 정유라

◆ 학력

· 2008년 동신대학교 졸업

· 현재

동신대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정



성 명 : 홍창우

◆ 학 력

- 2010년 동신대학교 공과대학 전기공학과 공학사
- 현재 동신대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정



성 명 : 최동성

◆ 학 력

- 1991년 동아대학교 공과대학 전기공학과 공학사
- 1993년 동아대학교 동 대학원 전기공학과 공학석사
- 1998년 동아대학교 동 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경 력

- 1999년 - 2000년 JAIST Post-Doc.
- 2001년 - 2003년 오사카대학 Post-Doc.
- 2002년 - 2005년 원광대학교 연구교수
- 2006년 - 현재 동신대학교 공과대학 전기공학과 교수



성 명 : 이경섭

◆ 학 력

- 1983년 조선대학교 공과대학 전기공학과 공학사
- 1986년 동 대학원 전기공학과 공학석사
- 1991년 동 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경 력

- 1988년 - 현재 동신대학교 전기공학과 교수
- 1994년 - 1995년 동경공업대학 객원연구원
- 2006년 - 현재 전력산업인력양성사업단 단장

