

# 신재생에너지 연료전지 기술동향



글 신동원 \ 건축기술부 과장 \ 전화 02-3433-7718 \ E-mail tunny21@ssyenc.com

## 1. 머리말

최근 정부의 주도하에 저탄소, 녹색성장을 새로운 비전의 축으로 新 국가패러다임으로 제시하고 있다. 신재생에너지(New Renewable Energy)란 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 지속 가능한 에너지 공급체계를 위한 미래 에너지 지원을 그 특성으로 한다.

유가의 불안정과 기후협약의 규제 대응 등으로 그 중요성이 커지게 되었다. 국내는 8개 분야, 3개의 신에너지로 신재생에너지를 지정하고 있다. 본고에서는 3개의 신에너지 중 '가정용 연료전지'에 대하여 소개하고자 한다.

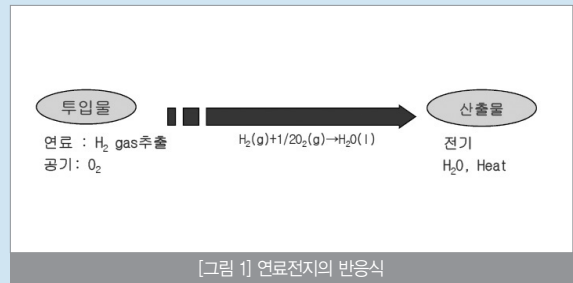
## 2. 연료전지(Fuel cell)

### 2-1. 연료전지란?

물은 지구 표면의 3분의2를 덮고 있고, 우리 몸의 70%를 차지하고 있으며, 자연계 모든 생물들이 살아가는 데 필수불가결한 요소이다.

연료전지는 물과 깊은 관련이 있으며, 과학을 통해 알려진 사실은 물은 수소와 산소로 이루어지며 물에 전기에너지를 가하여 분해(전기분해반응)를 하면 음극(-)에서는 수소기체가 양극(+)-에서는 산소기체가 발생하고, 반대로 수소분자 두 개와 산소분자 한 개가 반응을 하면 물 분자 두 개가 생성되며, 이때 에너지가 방출되는데 이 에너지를 전기로 만드는 장치가 연료전지다.

연료전지의 개념은 1839년 영국의 W.R.그로브라는 사람이 처음

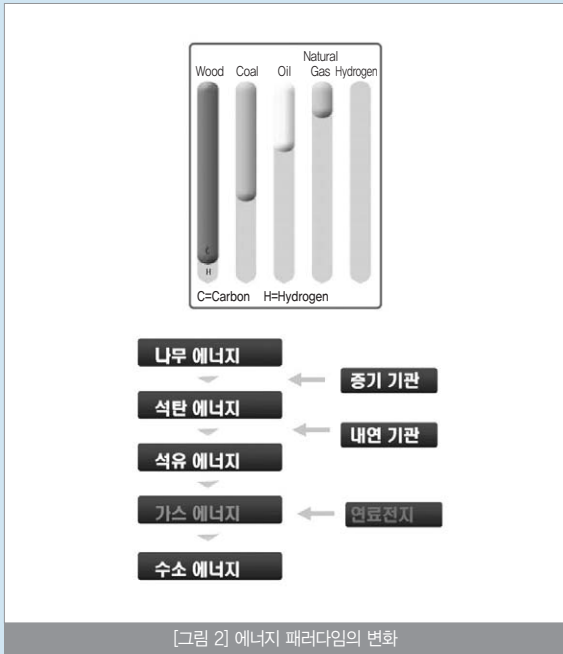


[그림 1] 연료전지의 반응식

으로 발견하였고, 1960년대 초에 미국의 우주선 제미니호, 아폴로호에 실질적으로 사용되기 시작하였으며, 원리와 구조는 화학전지와 유사하다. 물은 무한히 많은 양의 자원으로 고유가 시대의 도래와 환경문제의 대두 등으로 대체에너지에 대한 관심이 높아지게 된 시기에 연료전지가 주목을 받는 이유이다.

화학전지와 연료전지의 차이는 무엇인가? 화학전지는 화학반응에너지를 전기에너지로 변환하는 점에서는 유사하나 화학전지는 에너지 저장장치이나 연료전지는 에너지발생장치라는 점이 가장 큰 차이점으로 연료(수소, 산소)를 공급하면서 끊임없이 에너지를 발생시킬 수 있고, 화학반응에너지를 전기에너지로 전환하기 때문에 효율이 매우 높은 것이 특징이다.

일반적으로 전기발전시스템은 화학반응에너지를 열에너지로 이를 다시 운동에너지로 바꾼 후, 전기에너지로 만들어내므로 여러 변환단계를 거치면서 효율이 줄어들게 된다. 하지만, 연료전지는 직접적인 화학반응의 과정을 전기생산에 적용시키고, 카르노(Carnot)효율이 적용되는 연소반응이 아니기 때문에 효율이 높아 태양광, 풍력, 조력, 지열 등의 청정에너지와 함께 신에너지로 주목을 받는 또 다른 이유이다.



## 2-2. 연료전지의 종류

연료전지는 크게 전극과 전해질로 구성되며, 반응물이 전극 내로 주입되어 각각의 전극에서 산화환원반응을 일으키는 원리로 되어 있으며, 반응물에 따라 사용되는 전해질에 따라 다양한 연료전지가 개발되어 왔는데, 알칼리형(Alkaline, AFC), 인산형(Phosphoric, PAFC), 용융탄산염(Molten Carbon, MCFC), 고체산화물(Solid Oxide, SOFC), 고분자전해질형(Polymer Electrolyte Membrane, PEMFC), 직접 메탄올(Direct Methanol, DMFC) 등이 있다.

### 1) 알칼리형 연료전지

가장 초기에 개발된 연료전지로서 우주선의 전원으로 사용되었던 연료전지이며, 고농도 KOH 수용액을 전해질로 사용하여 50~200℃에서 운전하는데 KOH 수용액의 수증기압이 낮기 때문에 전해질 양을 유지하기 위해 고압이 필요하고, 고순도의 수소와 산소를 요구하므로 가격이 비싸다.

### 2) 인산형 연료전지

인산용액을 전해질로 사용하여 100~200℃에서 운전하는데 온도가 높으며, 이온전도도는 증가하지만, 사용하는 재료인 백금과 카본의 안정성이 떨어지게 된다. 비교적 저온에서 사용하므로 재료의 선정이 용이한 장점이 있으며, 현재 실용화 단계에 가까워 50~200kW급의 발전소도 시험가동 중에 있다.

### 3) 고체산화물형 연료전지

고체산화물을 이온전도체로 사용하기 위하여 900℃ 이상의 고온에서 작동되며, 액체전해질이 없으므로 전해질의 누출이나 전해질에 의한 부식이 없어 안정적이지만, 높은 온도에서 작동하므로 내구성 있는 재료를 선정해야 하는 어려움이 있다.

### 4) 용융탄산염형 연료전지

650℃의 고온에서 용융된 탄산염을 전해질로 사용하여 작동하며, 용융탄산염 연료전지는 인산형에 비하여 효율이 높고, 수소 이외에 일산화탄소나 석탄가스 등을 연료로 사용할 수 있으며, 백금과 같은 고가의 촉매를 사용하지 않아도 되는 이점이 있다.

### 5) 고체고분자형 연료전지

자동차용 및 가정용 연료전지로 사용되는 고체고분자형 연료전지는 100℃ 이하의 작동온도에서 수소이온 전도도가 큰 고분자막을 전해질로 사용하며, 액상의 전해질이 필요하지 않아 부식문제가 없고, 작동이 용이하여 에너지 변환특성과 전력밀도 특성이 우수하지만, 고분자막 및 백금 촉매 등의 비싼 재료비가 문제이다.

여러 연료전지의 종류 중에서 가정용으로 사용되는 고체고분자형 연료전지의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- ① 고분자막을 전해질로 이용한 연료전지
- ② 촉매로 백금을 사용하여 비교적 고가
- ③ 저온운전으로 고체막을 전해질로 사용하여 취급이 용이
- ④ 자동차용, 가정용으로 개발

표 1 종류별 연료전지의 특성

종류	전해질	동작 온도	촉매
알칼리형(AFC)	KOH	50~200℃	Pt/Ni
고체고분자형(PEMFC)	Proton Exchange Membrane	30~100℃	Pt
직접메탄올(DMFC)	Proton Exchange Membrane	20~90℃	Pt/Ru
인산형(PAFC)	H3PO4	100~220℃	Pt
용융탄산염형(MCFC)	Proton Exchange Membrane	약 650℃	Ni/LiNi
고체산화물형(SOFC)	Solid Oxide	500~1,000℃	Ni

## 2-3. 연료전지 시스템 구성 및 특징

현재 개발되고 있는 가정용 연료전지는 도시가스를 이용하고 있으며, 연료변환장치 + 연료전지 스택 + 전력변환장치 + 열회수장치로 구성된다.

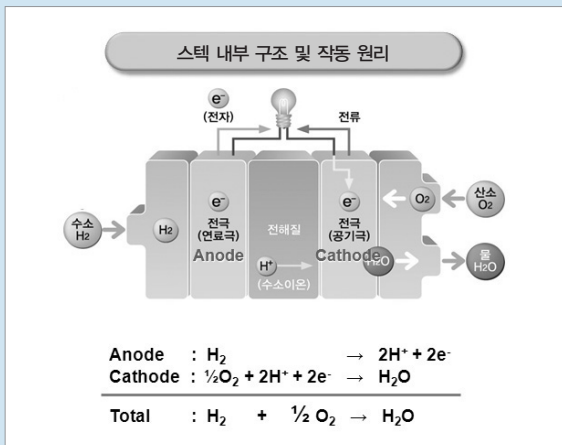
### 1) 연료변환장치

현재 연료전지는 수소를 연료로 사용한다. 하지만 수소를 직접 사용하기에는 저장탱크, 수소충전소 같은 인프라가 아직 형성되지 않아 도시가스, LPG, 가솔린, 등유 등과 같은 연료를 개질 반응시켜서 수소를 생산하여 사용하고 있다. 연료변환장치는 도시가스를 수증기와 개질 반응시켜 다량의 수소가 함유된 개질가스를 만들어 스택에 공급하는 장치로 소형이고, 열효율이 높아야 하며, 황흡착부, 재질반응부, CO변성부, CO제거부 네 단계의 장치로 구성된다.

- ① 황흡착부 : 가정에서 사용하는 도시가스는 누출시 사용자가 알 수 있도록 미량의 황이 포함되어 있는데, 이는 연료변환기 촉매의 성능을 감소시키므로 제거되어야 하는데 이를 위해 상온 흡착제 또는 수증탈황기를 이용하여 황을 제거한다.
- ② 개질반응부 : 황이 제거된 도시가스는 물과 함께 개질반응부에 주입되며, 버너를 통해 공급되는 열을 이용해 수증기 개질 반응이 진행되어 다량의 수소와 이산화탄소, 일산화탄소가 포함된 개질가스로 전환된다.
- ③ CO 변성부 : 개질 반응을 통해 생성된 개질가스는 10~15%의 CO가 포함되어 있는데, 이 가스는 수성전이 반응을 거쳐 다량의 수소와 약 1%가량의 CO가 포함된 개질가스로 전환된다.
- ④ CO 제거부 : 개질가스에 포함된 CO는 스택의 성능을 저하시켜 5ppm이하로 제거해야 하며, 이는 CO 제거기에서 개질가스에 포함된 CO와 공기 중의 산소를 반응시켜 제거한다.

### 2) 연료전지 스택

수소가 주입되어 산화되는 연료극과 산소(공기)가 공급되는 산화극에서부터 이동하여 온 H(+)가 환원되는 산소극, 그리고 연료극에서 생산되는 H(+)의 이동통로로 전해질로 구성되어 있다.

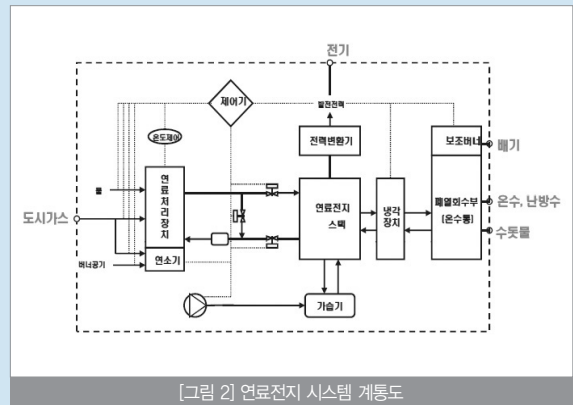


### 3) 전력변환장치

연료전지 스택에서 수소와 공기를 이용하여 발생된 1차 전력인 직류전원을 상용의 교류전원으로 변환하는 시스템으로 잉여전력은 배터리에 저장하고 연료전지 이상의 부하에 배터리가 분담하는 독립형 변환시스템과 잉여전력을 계통으로 역전송하거나 부족시 전력을 수용하는 계통연계형 전력변환시스템이다.

### 4) 열회수장치

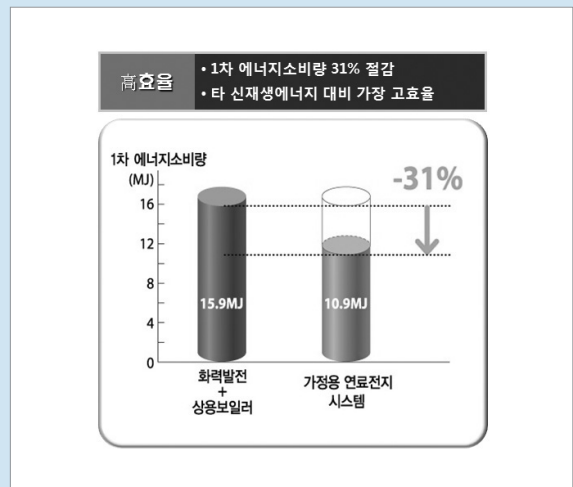
발전 및 생산 공정에서 부산물로 생성되는 열에너지를 회수하여 가정에서 요구하는 온수 및 난방의 열원으로 활용할 수 있도록 하여 경제적이고, 쾌적한 주거 공간을 제공할 수 있다.



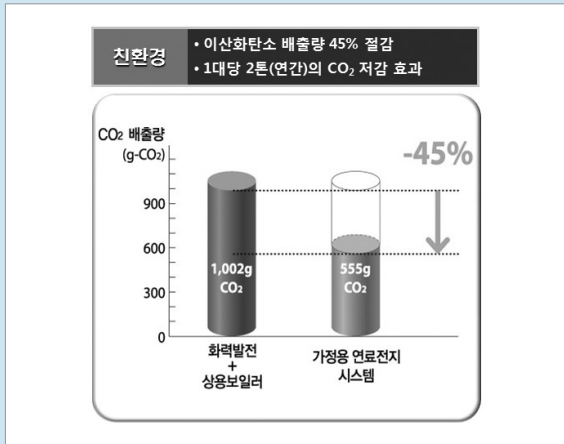
## 3. 연료전지의 도입효과

연료전지 도입효과를 크게 효율, 친환경, 경제성, 편의성으로 나누어 보면 다음과 같다.

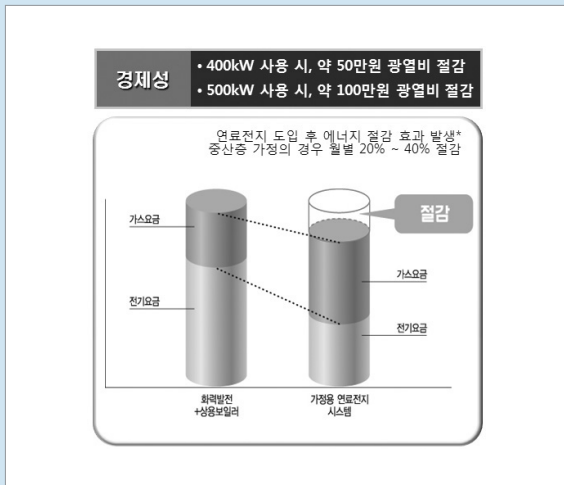
#### 1) 효율



## 2) 친환경



## 3) 경제성



## 4) 편의성



## 4. 정부지원 정책 및 보급사업

### 4-1. 연료전지 그린홈 보급사업

#### 1) 지원개요

구분	지원범위	예산액	지원 단가
연료전지	1kW이하/세대	115억	80%(4,400만원)

#### 2) 지원대상

- ① 단독주택 : 단독주택 소유자 또는 소유예정자로서 기존 또는 신축주택에 모두 가능하다.
- ② 공동주택 : 기존의 공동주택은 입주자 또는 입주자 대표, 건축 중인 공동주택은 연내에 준공이 가능한 공동주택으로 시공사 또는 시행사 대표 또는 입주자 대표 등으로 해야 한다.

#### 3) 신청요령 및 지원절차

지원대상자는 시공사를 선정하여 사업신청 및 참여 전문업체가 지원자금 소진 시까지 상시 온라인 신청하여, 승인된 사업은 사업 기간 내(승인 후 3개월 내 설치) 시공을 완료하고, 센터가 설치확인 완료 후 보조금을 지급한다.

### 4-2. 그린빌리지(Green Village)사업 추진강화

#### 1) 개요

- ① 정부주도의 그림홈 100만호 보급사업의 성공적인 사업 완수를 위하여 그린빌리지 사업 전개
- ② 단독주택 위주의 보급에서 공동체 단위 대량보급 강화
- ③ 광역 지자체별 그린빌리지 사업계획서 접수
- ④ 평가 후 광역 자체별 그린빌리지 사업량 협의 배정 운영

#### 2) 대상

- ① 단독주택 10가구 이상의 마을단위(공동주택 포함)
- ② 그린빌리지 추진시 주민편의시설도 가능

#### 3) 지원분야

태양광, 태양열, 지열, 소형풍력, 연료전지

#### 4) 지원비율

연료전지의 경우 80% 이내

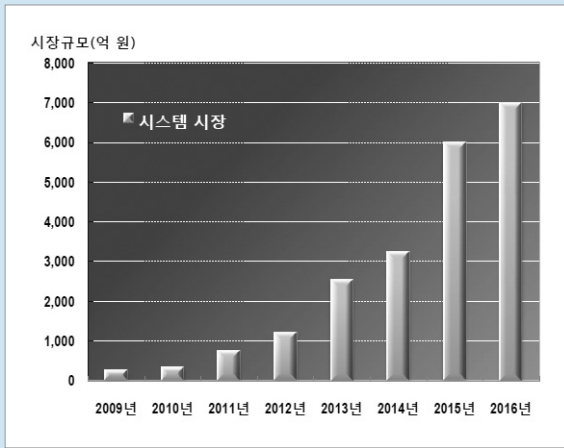
예) 정부(80%) + 지자체(10%) + 건설(5%) + 조합(5%)

### 5) 2010년 그린빌리지 배정현황(총 170대)

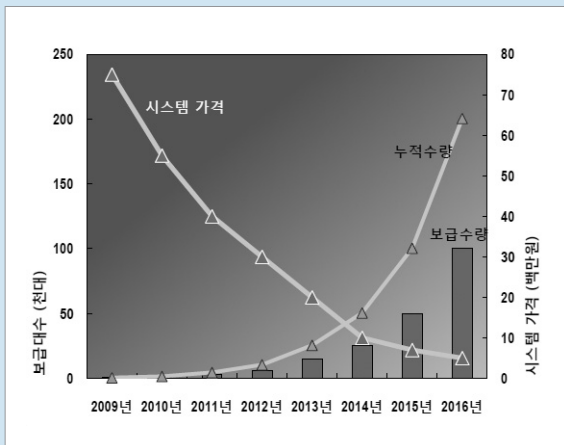
시/도	마을명	가구 수	비고
강원도	춘천시 칠전동	30대	-
남양주	호평동	40대	-
송파구	동아 주상복합	50대	-
은평구	불광동 힐스테이트	50대	-

## 4-3. 연료전지 시장동향 및 추이

### 1) 연도별 시장규모 추이



### 2) 연도별 보급가격 추이



## 5. 해외시장 동향

### 1) 미국

- ① 2009~2018년 그린홈 US\$ 1,500억 투자
- ② 신재생에너지 설치 의무화(2010년 : 10%, 2023년 : 25%)

### 2) 영국

- ① 10만호 탄소제로도시 건설계획
- ② 2009년 저탄소 기술개발 예산 확대
- ③ Fuel Tax, 쓰레기 매립세 지속 인상

### 3) EU(유럽연합)

- ① 2008년 JTI(연료전지와 수소 민간 공동개발) 발족
- ② 2010년까지 신재생에너지 20% 공급

### 4) 프랑스

- ① 2010년 Key Technologies Project
- ② 그르넬 종합환경대책을 통해 녹색성장

### 5) 일본

- ① 2008년 Cool Earth 에너지혁신기술계획
- ② 2008년 저탄소 사회 구축 행동계획
- ③ 연료전지 기술 5년간 US\$ 500억 투입
- ④ 2020년까지 신재생에너지 16% 공급

### 6) 독일

- ① 2007년 1, 2차 통합에너지 및 기후대책 수립
- ② 2012년 1~5kW급 연료전지 개발과제 실증 완료 예정

## 6. 맺음말

연료전지의 경우 물을 이용하여 에너지를 발생시키는 장치로 향후 대체에너지로서 주목할 만한 신재생에너지이지만, 현재로서는 인프라(수소저장소 등)가 구축되어 있지 않고, 장비가 고가이기 때문에 많이 보급되어 있지 않다.

향후 전문업체의 지속적인 기술개발을 통한 장비의 소형화, 가격의 인하가 이루어진다면 가정용 및 산업용으로 널리 사용될 수 있을 것으로 판단된다. S

### 참고문헌

- ① GS퓨어셀, 퓨어셀 파워 기술자료