

## 고정식 연료전지 발전시스템의 설치 안전성에 관한 연구

### A Study on Installation Safety of Stationary Fuel Cell Power Systems

이승현, 조지환, 권부길, 이승림, 김수종  
한국가스안전공사

#### 초 록

고정식 연료전지 발전시스템 설치 시 고려해야 할 잠재적 위험성과 설치 방법상의 문제점을 도출하고 그에 대한 해결책을 제시함으로써 운전시의 안전성을 확보하는데 본 연구의 목적이 있다. 연구 대상은 가정용 고정식 고분자 연료전지 발전시스템으로 실증 연구 중에 있는 FCP(Fuel Cell Power)의 1kW급 연료전지 시스템으로 하였다. 본 연구를 위해 위험 요소를 파악하고 위험 요소를 제거하기 위해 필요한 설치 시 요구사항을 도출하여 실제 설치 시에 적용함으로써 신뢰성과 적용 용이성을 확인하였다. 본 연구를 통해 가정용 고정식 연료전지 발전시스템의 설치 시 고려해야 할 요소들을 찾아낼 수 있었고 위험 요소를 제거하여 설치 안전성을 확보할 수 있었다.

#### 1. 서론

화학 에너지를 전기 에너지로 직접 변환하여 전류를 생산하는 연료 전지는 전해질의 종류에 따라 인산형(PAFC), 알칼리형(AFC), 고분자전해질형(PEMFC), 용융탄산염형(MCFC), 고체산화물형(SOFC), 직접메탄올형(DMFC)으로 구분된다. 이 중 고분자 전해질형 연료전지 시스템은 상용화에 가장 근접한 기술로 세계 각국에서 이를 위한 실증연구가 활발히 이루어지고 있으며 국내에서도 FCP의 1kW급 연료 전지 시스템의 실증연구가 이루어지고 있다. 이러한 PEMFC 중에서도 가정용으로 사용되는 고정식 연료전지 발전시스템은 가연성 가스인 도시가스를 개질(reform)하여 추출해 낸 수소를 연료로 사용하고 대기 중의 산소를 산화제로 사용하여 전기와 열을 얻는 시스템으로 가연성 가스를 취급, 사용하기 때문에 의도하지 않은 연소나 폭발과 같은 사고에 대한 안전성 확보가 매우 중요하다. 때문에 연료 전지 시스템의 운전 중 안전성 확보에 관한 연구는 매우 중요하며 고정식 설치를 목적으로 하는 경우에는 설치에 관한 안전성 확보 또한 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 고정식 설치를 목표로 하는 PEMFC의 설치 시 안전성 확보를 위해 고려해야 할 요소에 관한 연구를 수행하였다. 본 연구의 타당성과 신뢰성을 위해 설치를 마친 FCP의 1kW급 PEMFC 시스템을 그 대상으로 하여 연구를 수행하였다.

## 2. 연료전지 발전시스템의 구성

전형적인 연료전지 발전시스템은 Fig. 1과 같이 구성되며 연료전지 모듈, 연료 처리 시스템, 산화제 처리 시스템, 환기 시스템, 열관리 시스템, 수처리 시스템, 자동제어 시스템, 전력변환 시스템의 총 8가지로 분류된다. 이러한 하부 구성품들은 실제 설치 시 크게 두 개의 기기로 분리되어 구성되는데 Fig. 2가 실제 설치된 FCP의 연료전지 발전시스템의 모습이다.

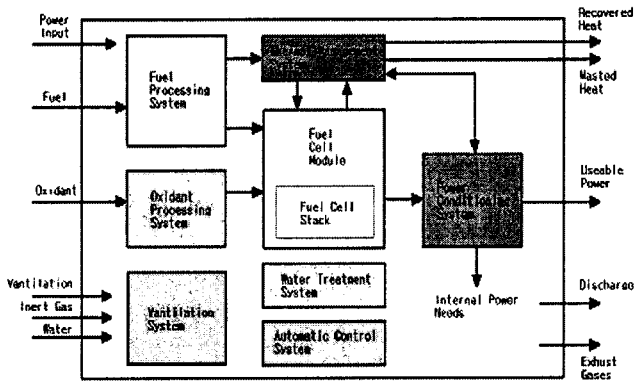


Fig. 1. 연료전지 발전시스템의 구성도

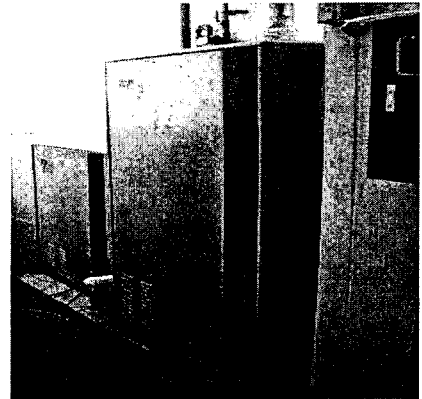


Fig. 2. FCP의 연료전지 발전 시스템

## 3. 설치 방법

### 3.1 위험 요소

연료전지 발전시스템의 설치를 위해서는 설치 시 발생할 수 있는 잠재적 위험 요소를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이러한 위험 요소를 크게 분류하면 Table. 1과 같다.

Table. 1 연료전지 시스템의 위험 요소

구 분	내 용
기계적 위험 요소	날카로운 모서리, 무거운 물체의 불안정한 고정, 고압환경의 배관
전기적 위험 요소	전기가 통하는 부분의 노출, 단락
열적 위험 요소	고온 표면, 고온 액체나 가스의 방출, 열 피로
화재 및 폭발 위험요소	가연성 가스나 액체 누출, 폭발 가능성 있는 혼합물
고장 위험요소	제어 회로 이상, 오작동, 소프트웨어 오류
재료와 재질 위험요소	재료의 부식, 마멸
폐기물 처리 위험요소	독성재료의 처리, 가연성 액체와 가스의 처리
환경 위험요소	고온/저온 사용 환경, 비, 홍수, 지진, 강풍, 외부화재

### 3.2 설치 고려사항

연료전지 발전시스템의 설치에 관해서는 설치장소, 환기 및 배기, 화재보호, 설치장소와

의 접속 부분으로 나누어 다음과 같은 사항을 고려하여야 하며 불안전 요소를 제거하여야 한다.

### 3.2.1 설치장소

- ① 쉽게 이동되거나 넘어뜨려지거나 장소가 변경되지 않도록 위치되고 단단하게 고정되어야 한다.
- ② 고온/저온의 대기, 비, 눈, 지진, 강풍 등에 영향을 받지 않도록 위치되고 고정되어야 한다.
- ③ 비 인가자의 접근을 통제할 수 있어야 한다.
- ④ 설치실이 위치한 건물의 출입구에 방해가 되지 않는 곳에 설치실이 위치하여야 한다.
- ⑤ 유지보수, 응급상황 시 접근이 가능한 여유 공간을 확보하여야 한다.
- ⑥ 가연성 재료, 위험한 화학물질 등의 위험에 노출되지 않는 곳에 설치되어야 한다.
- ⑦ 방출된 액체의 적절한 폐기가 가능한 곳에 설치되어야 한다.
- ⑧ 보안장벽, 울타리, 화단 등의 방해물이 연료전지 시스템과 구성기기가 요구하는 공기의 흐름에 영향을 주지 않도록 설치되어야 한다.

### 3.2.2 환기 및 배기

- ① 실내용 연료전지 발전시스템의 경우 환기, 배기 시스템은 건물 측면에서 실내에 부압이 되도록 설계되어야 한다.
- ② 연료전지 발전시스템의 환기/배기구는 건물 내부로의 배출가스 유입을 방지하기 위해 건물의 개구부로부터 떨어진 곳에 설치하여야 한다.
- ③ 공기 흡입구로의 유입공기의 속도가 빠르지 않아야 한다.
- ④ 기계적으로 분리된 환기/배기 시스템이 연료전지 발전시스템이 설치된 장소에 설치되어야 하며 이러한 경우 배기 이상 시 연료전지 시스템이 정지되도록 연동되어야 한다.
- ⑤ 공기 흡입구에는 이물질이 들어오지 않도록 설계되어야 한다.
- ⑥ 배기구는 인도나 보행자의 통로를 향하지 않아야 한다.
- ⑦ 자연배기식의 단독배기통 방식의 경우 식(1)의 높이 이상이어야 한다.[1]

$$h = \frac{0.5 + 0.4n + 0.1l}{\frac{1000A_v}{6Q}} \quad (1)$$

□h : 배기통의 높이(m)

□n : 배기통의 굴곡수

□l : 역풍방지장치 개구부 하단으로부터 배기통끝의 개구부까지의 전길이(m)

□A<sub>v</sub> : 배기통의 유효단면적(cm<sup>2</sup>)

□Q : 가스소비량(kcal/h)

⑧ 배기통의 굴곡수는 4개 이하이어야 한다.

⑨ 배기통의 가로길이는 5 m 이하로서 가능한 짧고 물고임이나 배기통 앞 끝의 기울기가 없도록 하여야 한다.

⑩ 배기톱의 위치는 유풍(wind flow)시 건물벽의 영향으로 인하여 대기압보다 기압이 높아지는 지역인 풍압대를 피하여 바람이 잘 통하는 곳에 설치되어야 한다.

### 3.2.3 화재보호

- ① 연료전지 발전시스템의 설치장소와 가까운 곳에 소화전이 설치되어야 한다.
- ② 자동 화재보호시스템과 경보시스템이 설치되어야 한다.
- ③ 가연성 가스 감지기가 설치되어야 한다.
- ④ 자동안전 차단밸브가 설치되어야 하며 자동화재 억제시스템이 작동될 때 연료공급을 차단하도록 연동되어야 한다.

### 3.2.4 설치장소, 기기와의 접속

- ① 비상 시 연료 공급을 차단하기 위한 수동 차단밸브가 시스템의 상류에 설치되어야 하며 설치장소 외부에도 수동 차단밸브가 설치되어야 한다.
- ② 각 기기와 배관은 전기적으로 접지되어야 한다.
- ③ 배관, 밸브, 조절기는 물리적 작동 중 물리적 손상을 입지 않는 위치에 놓여지거나 보호되어야 한다.
- ④ 공급수는 수질기준에 적합한 것을 사용하되 불순물의 제거를 위해 필터를 설치해야 한다.
- ⑤ 전기배선은 가스배관, 온수, 급수, 배수 배관과 접촉되지 않도록 설치한다.

## 4. 설치결과

### 4.1 설치장소

FCP의 연료전지 시스템은 실외에 설치되었으며 비, 눈, 강풍 등의 외부환경에 영향을 받지 않고 비인가자의 출입을 통제하기 위해 밀폐되었고 관리자의 허가하에 출입이 가능하도록 잠금장치를 갖추었다. 또한 응급상황시 신속한 탈출이 가능하도록 출입문에 비상구 표지를 하였고 설치 장소의 출입구는 건물의 주 통행로에서 떨어져 위치되었다. 설치 장소내의 기기는 유지보수가 가능하도록 벽면으로부터 약 45 cm 떨어져 설치되었고 가연성 재료는 모두 제거하였다. 기기는 만수 시 수백 kg의 하중을 가지므로 바닥은 견고하도록 콘크리트 기초시공을 하였고 기초공사 시 폐수의 배출을 위해 배출구를 확보하였으며 기기가 바닥에 고정되도록 앵커볼트(anchor bolt)로 체결하였다. 각 설치 모습은 Fig. 3, 4, 5, 6에 나타내었다.

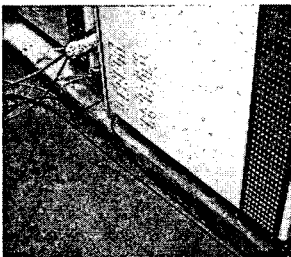


Fig. 3. 콘크리트 바닥



Fig. 4. 출입문



Fig. 5. 여유공간



Fig. 6. 배수구

#### 4.2 환기 및 배기

설치실 내부 공기의 환기를 위해 외부로 향하는 창의 상부에 팬을 설치하였고 배기가스는 자연배기를 통해 배출되며 배기구는 사람이 다니지 않는 건물 뒤편으로 지상으로부터 약 3 m 높이 지점에 설치하였다. 기기와 배기구의 연결부는 밀폐되었고 배기관의 배출구와 외부 창과의 연결부분도 배기가스의 재유입을 방지하기 위해 밀폐하였다. 환기 및 배기구 설치 모습을 Fig. 7, 8, 9, 10, 11에 나타내었다.

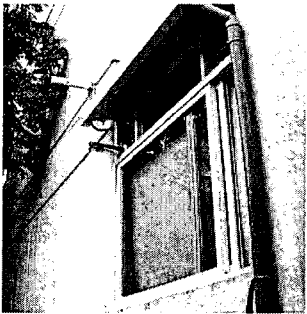


Fig. 7. 설치실 외부

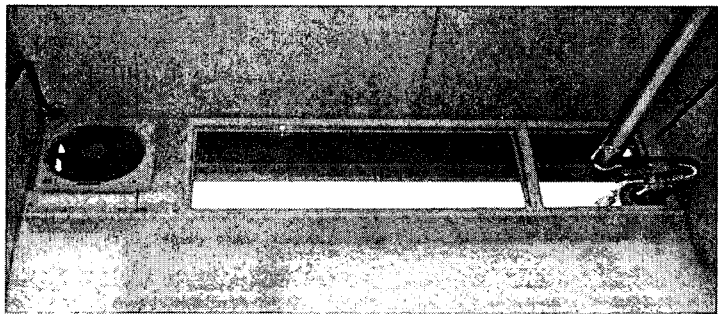


Fig. 8. 환기기와 배기구가 설치된 창

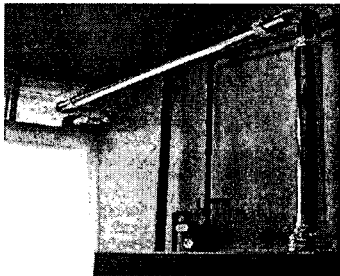


Fig. 9. 기기로부터의 배기구

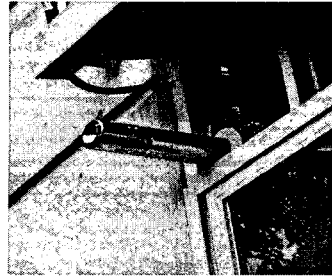


Fig. 10. 배기구

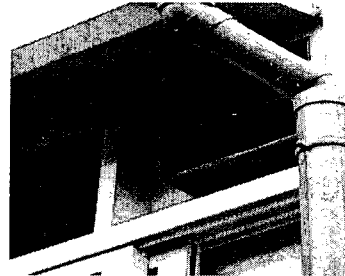


Fig. 11. 환기구

#### 4.3 화재보호

설치실내에는 기본적으로 가연성 물질을 모두 제거하였다. 화재 시 신속한 대응을 위해 자동 화재경보기와 가연성 가스 감지기를 설치하였다. 또한 화재경보기가 작동하거나 가연성 가스 감지기가 작동할 경우 자동으로 연료 공급을 차단하도록 차단밸브를 설치하였으며 자동 차단밸브가 작동하지 않을 경우 수동으로 연료 가스 공급을 차단할 수 있도록 배관의 상류에 별도의 수동 밸브를 설치하였다. 설치 모습은 Fig. 12, 13, 14, 15에 나타내었다.



Fig. 12. 가스 감지기

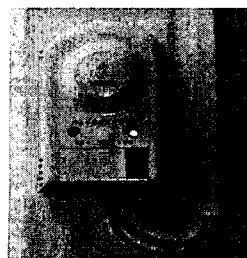


Fig. 13. 자동 차단기



Fig. 14. 자동 차단 밸브

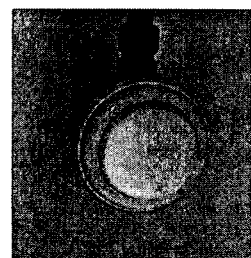


Fig. 15. 화재 감지기

#### 4.4 설치장소, 기기와의 접속

가스배관은 기 설치된 도시가스 배관으로부터 분기하여 연결하였으며 다른 가스기기를 사용하는 경우에도 충분한 연료 가스 공급이 가능하도록 가스미터를 설치하였다. 급수배관은 수도물 배관을 연결하고 이물질의 제거를 위해 필터를 장착하였다. 온수배관은 두께 10 mm 이상의 보온재로 보온하였으며 배수배관은 고온의 물이 흐를 수 있으므로 내열성이 높은 내열염화비닐관을 사용하였고 배수되는 물이 역류하지 않도록 하여 배수구와 연결하였다. 전기배선은 다른 배관들과 접촉되지 않도록 설치하였으며 기기와 배관의 접지는 건물 배전반의 접지단자와 연결하였다. 또한 발전 전력량을 확인하기 위해 전력량계를 설치했다. Figure. 16, 17, 18, 19가 설치모습이다.

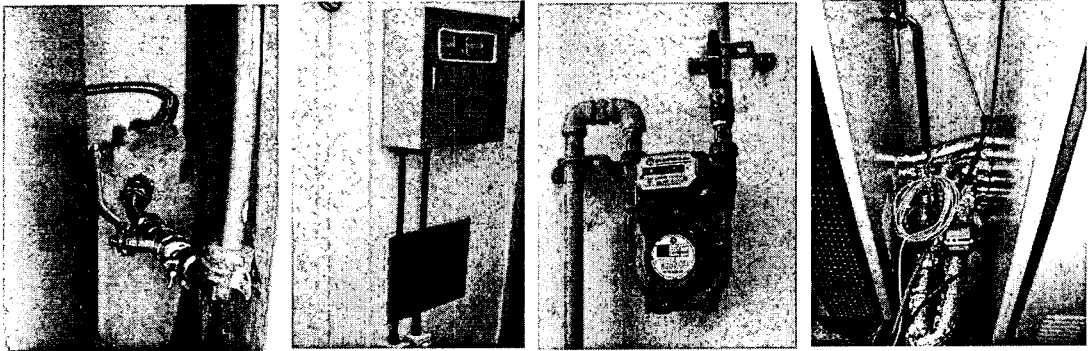


Fig. 16. 급수필터

Fig. 17. 전력량계

Fig. 18. 가스미터

Fig. 19. 온수배관보온재

#### 5. 결론

고정식 가정용 연료전지 발전시스템을 실제 설치함으로써 설치 시 고려해야 할 잠재적 위험성과 설치 방법상의 문제점을 도출하고 그에 대한 해결책을 제시하고자 본 연구를 수행하였다. 본 연구를 통해 위험 요소를 파악하였고 위험 요소를 제거하기 위해 필요한 설치 시 고려사항을 도출하여 실제 설치 시에 적용함으로써 그 타당성을 확인할 수 있었다. 그러나 설치 이후에도 설치 안전성을 위한 몇 가지 새로운 사항이 대두되어 향후 연구에는 이를 함께 고려해야 할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 한국가스안전공사, 액화석유가스안전관리기준 통합고시, 2003
2. 한국가스안전공사, 가스보일러 설치기준 해설서, 2002
3. 日本ガス機器検査協會, 業務用ガス機器の設置基準及び實務指針
4. IEC 62282-3-3, Stationary Fuel Cell Systems - Installation, Draft Standard
5. ANSI/CSA America FC 1-2004, Stationary Fuel Cell Power Systems