

# 열화기구: 운전조건의 영향

## 1. 운전 전류의 영향

US Army Research Lab. 에서는 일정한 전류밀도에서 42-cell PEMFC 스택을 운전하였다 [1]. (전극면적:  $18 \text{ cm}^2$ ,  $\text{H}_2/\text{air}$ ,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) Fig. 1에 나타난 것과 같이 1.0 A 나 1.5 A 의 전류를 가했을 때는 120 분까지 스택의 전압이 아주 천천히 감소한 반면, 2.0 A 를 가했을 때는 35 분 이내에 전압이 급격히 감소해, 장기 운전을 위해서는 어느 정도 이하의 전류에서 운전해야 함을 보여준다.

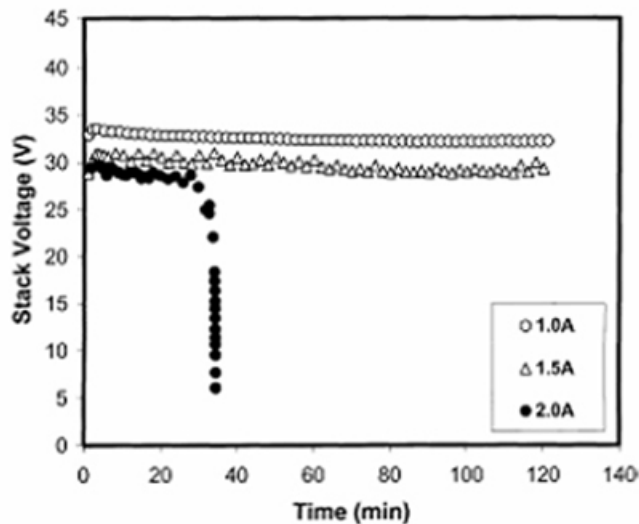


Fig. 1 Constant current discharge performance of a PEMFC stack (42 cells, area:  $18 \text{ cm}^2/\text{cell}$ ) at ambient temperature of  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  and different discharge current [1].

## 2. 스택 온도의 영향

US Army Research Lab. 에서는 스택 온도에 따른 영향도 조사하였다 [1]. Fig. 2에 나타난 바와 같이 1.0 A 의 일정 전류 하에서 스택을 운전했을 때 스택온도가  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  인 경우 전압이 서서히 감소했지만,  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  인 경우 40 분 이내에 급격히 감소하여, 온도가 낮을수록 장기운전에 유리함을 보여준다. Gore에서도 스택온도의

영향을 조사하였는데, 스택온도가 높으면 성능은 우수하나 낮은 온도에서 운전하는 것이 MEA의 수명을 연장시킬 수 있다고 보고하였다 [2].

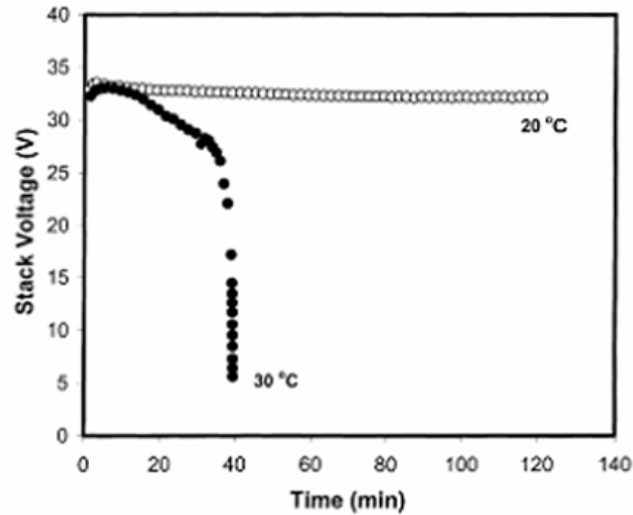


Fig. 2 Constant current (1.0 A) discharge performance of a PEMFC stack (42 cells, area: 18 cm<sup>2</sup>/cell) at different ambient temperature [2].

### 3. Flow type 의 영향

Gore 의 실험 결과 Fig. 3 과 같이 co-flow type 을 사용한 경우 스택의 수명이 350 시간 이내였으나 counter-flow type 을 사용하면 co-flow type 보다 성능도 우수하고 수명도 월등히 긴 것으로 나타났다 [2]. 또한 전체 전극 면적에 고른 체결압이 작용하는 것이 스택의 수명을 향상시킨다고 보고하였다.

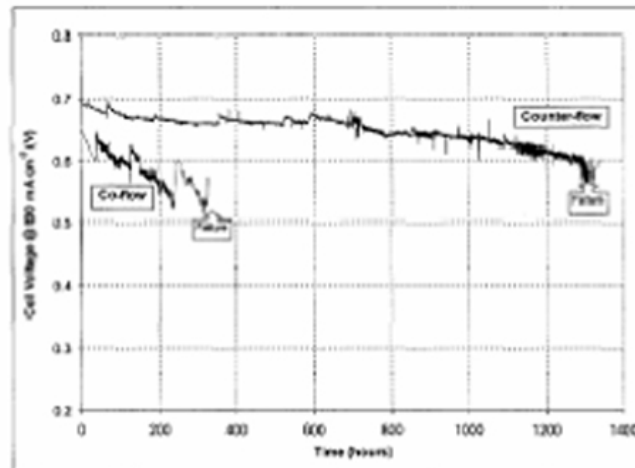


Fig. 3 A comparison of MEA durability at accelerated life test conditions in counter and co-flow cell configurations [2].

#### 4. 운전 압력 및 가습량의 영향

Gore는 불완전한 연료전지 운전조건도 스택열화의 원인이 될 수 있다고 보고 하였다. 스택압력은 저압 (종기로는 상압) 의 경우가, 가습은 가습량이 충분할수록 스택수명이 길다고 보고하였다 [2].

#### 5. Water management 의 영향

Ballard 는 Mk5 단위전지와 Mk513 8-cell 스택을 각각 등은 조건과 outlet 쪽으로 갈수록 cell 온도가 상승하는 조건에서 운전하고 Fig. 4 의 결과를 얻었다 [3]. Mk513 은  $1.076 \text{ A/cm}^2$ , Mk5 은  $0.538 \text{ A/cm}^2$  에서 운전했음에도 Mk513 은  $1 \text{ mV/h}$ , Mk5 은  $60 \text{ mV/h}$  의 성능 저하율을 나타냈는데, 이는 Mk5 은 cathode에서 생성된 물이 반응 가스의 물질전달을 억제해 성능이 감소하지만 Mk513 은 outlet 쪽으로 갈수록 cell 의 온도가 높아져 cathode 에서 생성된 물이 기화되어 반응 가스의 물질전달이 원활하기 때문이다.

Ballard 는 또한 개질된 가스를 별도의 가습장치를 통과시키지 않고 바로 연료로 공급하면서 Mk513 8-cell 스택을 운전하고 Fig. 5 의 결과를 얻었다 [3]. 개질된 가스는 개질 과정에서 이미 수분을 어느 정도 함유하게 되나, Fig. 4 의 운전에서 사

용한 가습된 연료에 비해서는 훨씬 적은 양의 수분을 포함하고 있다. 아래 그림에 나타난 바와 같이 2,000 시간 동안 성능 저하율은 24 mV/h였다.

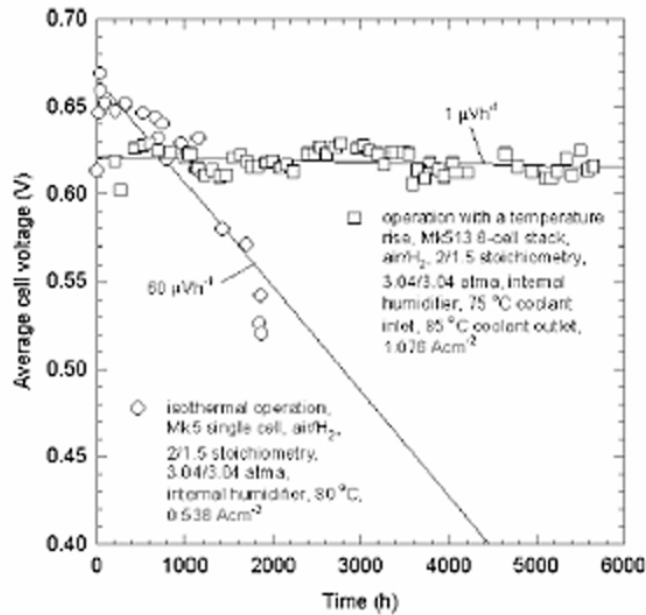


Fig. 4 Effect of hardware design on MEA performance with time [3].

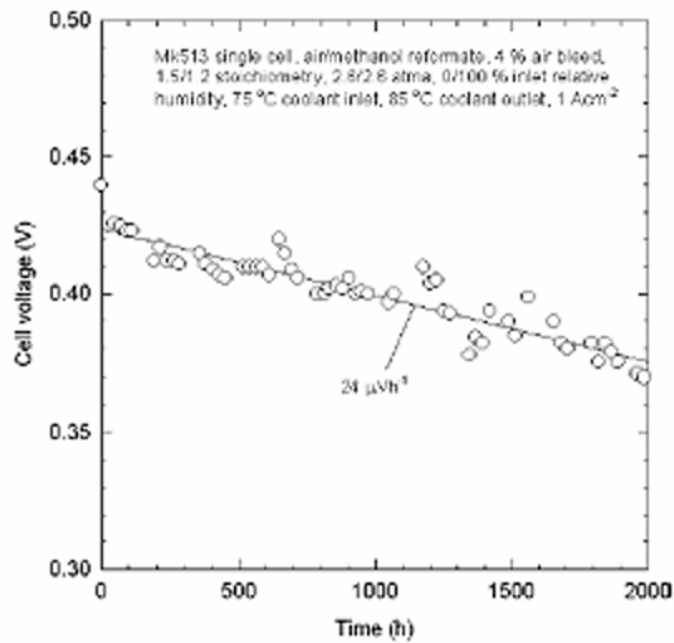


Fig. 5 Effect of operating time on MEA performance in absence of air humidification [3].

## 6. 운전전압의 영향

Los Alamos National Lab. 는 Fig. 6 에 나타낸 것과 같이 단위전지를 0.8 V 에서 운전하면 5 시간 이내에 성능이 급격히 감소하지만, 전압을 0.5 V 내지 그 이하로 낮춘 후 다시 0.8 V 에서 운전하는 cycle 을 반복하면 0.8 V 에서 일정하게 운전한 경우에 비해 성능이 현저하게 향상된다고 보고하였다 [4]. 이는 0.8 V 를 유지하는 경우 cathode 에서 생성되는 물의 양이 적어 cathode 쪽의 전해질 막을 충분히 수화시키지 못하고 Pt 촉매가 OH<sup>-</sup> 와 결합하여 촉매의 활성이 떨어지기 때문인데, 전압을 0.5 V 내지 그 이하로 낮추면 Pt-OH 결합이 분해되어 Pt 촉매의 active site 가 회복되어 성능이 향상된다고 보고하였다.

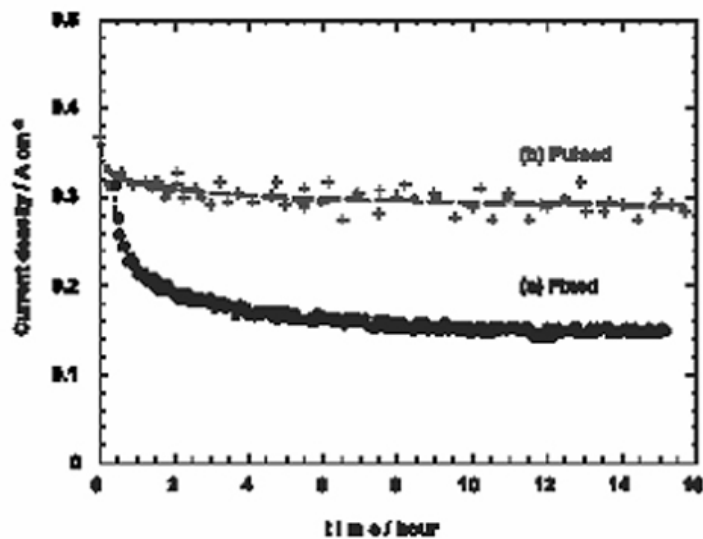


Fig. 6 Comparison of H<sub>2</sub>-air PEFC performance (a) at a fixed cell voltage (0.8 V) and (b) when pulsed (100 s at 0.8 V/s at 0.3 V) [4].

### 참고문헌

- [1] Rongzhong Jian and Deryn Chu, Journal of Power Sources, 92, 193 (2001)
- [2] Simon Cleghorn, Fuel Cell Seminar, p. 35 (2000)

- [3] J. St-Pierre, D. P. Wilkinson, S. Knights, and M. Bos, *J. of New Materials for Electrochemical Systems*, 3, 99 (2000)
- [5] Francisco A. Uribe, Thomas A. Zawadzinski, Jr., *Electrochem. Acta*, 47, 3799 (2002)