

On/off cycle에서 purging method를 이용한 PEMFC 성능평가
The evaluation of PEMFC performance with purging method in
on/off cycle operation

박종만, 주천용, ARUNABHA KUNDU, 설용건, 한학수
연세대학교 화학공학과

1. 서론

고분자 전해질형 연료전지(PEMFC)는 가습, 셀온도, 연료의 유량, 압력 등 여러 가지 운전 변수로 인해 성능이 크게 좌우된다. 따라서 이러한 외부 환경 변화에 따른 특성화와 성능 증감에 대한 명확한 규명이 필요하다. 특히, 자동차용 PEMFC의 경우, 시스템의 on/off가 발전용에 비해서 상당히 잦기 때문에, 이에 따른 가습조건 및 운전 환경의 변화가 시스템 전체의 성능과 수명에 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 자동차용 PEMFC의 실용화를 위해서는 순간적인 시동 및 갑작스런 시스템 정지에 따른 가습조건과 MEA의 전기화학적 물성 변화에 대한 체계적인 규명이 필요하며, 여기에 따른 성능 분석이 동반되어야 한다. 그리고 이러한 현상 규명을 운전 조건뿐만 아니라, 요소 기술의 최적화를 통한 성능 향상을 기대할 수 있다.[1~3] 본 연구에서는 연료전지의 On/off 반복 실험을 통해 연료전지 내부 공기 조성의 변화가 연료전지 성능에 미치는 영향을 평가 하였다. 내부 공기의 조성 및 조작 방법은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. On/off cycle 반복 실험 내부 공기 조성 및 조작 방법

Type	운전전공급가스		운전후공급가스		후단밸브여부	
	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode
A	수소	공기	수소	공기	닫힘	닫힘
B	수소	공기	수소	공기	닫힘	열림
C	수소	공기	공기(느림)	공기	닫힘	열림
D	수소	공기	공기(빠름)	공기	닫힘	열림
E	수소	공기	수소	수소	닫힘	닫힘

2. 실험방법

연료전지는 상용 Fuel cell 성능 시험 시스템인 100W PEMFC stack evaluation system를 사용하였으며 상용 MEA(25cm²)를 사용하여 성능을 평가하였다. 단위전지 성능 평가 실험 시 가스 유량은 Anode는 H₂, Cathode는 Air를 사용하여 100% 포화된 각각의 가스를 stoichiometry 1.5: 2.0으로 공급하였다. 평가 시 운전온도는 70℃로 유지 하였으며 700mA/cm²의 일정 전류 조건에서 정 전류(700mA/cm²) 5분, 가스차단 5분을 1cycle로 하여 실험하였다. 발생하는 전류와 전압특성은 DC electric load (HP-6060B, Hewlett Packard Co.)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 2. Membrane resistance(Ω)

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
Non activation	0.029	0.0327	0.035	0.0353	0.0283
Activation	0.0277	0.0304	0.033	0.0315	0.0245
After cyclic operation	0.0264	0.0228	0.02	0.0323	0.0267

Table 2,3은 type별 MEA의 막 저항과 계면저항의 값이다. 저항 값의 증감에 따라 non activation과 activation, any cycle after된 MEA의 성능 변화에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 막 저항의 경우에는 H₂와 Air gas를 사용한 Type B와 Air gas 느리게 주입한 type C가 가장 좋은 결과를 보이고 있다. 계면 저항의 경우, H₂와 Air gas를 purge gas로 사용하고 outlet valve를 닫아 on/off 반복 실험을 한 type A가 가장 좋은 결과를 보이고 있다. 하지만 type별 막 저항과 계면 저항은 결과적으로 거의 비슷한 값을 나타내고 있다.

Table 3. Interfacial resistance(Ω)

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
Non activation	0.0223	0.0893	0.11	0.0647	0.028
Activation	0.0226	0.0262	0.063	0.1685	0.0263
After cyclic operation	0.0194	0.0295	0.026	-	0.0278

Table 4. EAS (electrochemically active surface area) of catalyst (m²/g Pt)

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
Non activation	72.6	36.1	-	73	80.3
Activation	72.3	35.6	-	72.27	72.9
After cyclic operation	71.2	35.1	-	2.1	48.6

EAS (electrochemically active surface area)는 Table 4에 정리해 보았다. Type A의 경우에는 촉매의 EAS가 on/off 200cycle후에도 감소하지 않았고 type D는 200 cycle 후에 73m²/g Pt에서 2.1m²/g Pt로 크게 감소하였다. ESA의 경우를 보았을 때는 그 변화가 가장 적은 type A가 purge method에 사용 될 gas 조성과 방법으로 가장 알맞다고 판단 할 수 있겠다. 다른 MEA와는 나중에 구입하여 실험한 Type B의 EAS는 다른 MEA에 비해 작는데 그 이유는 앞서 실험한 MEA와 다른 촉매의 전기화학적 특성을 가지기 때문이라 생각되어 진다.

Table 5. PEMFC performance and decay

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
PEMFC performance	증가	증가	증가	감소	감소
Decay(%)	+1.5	+0.7	+8.04	-85.7	-1.3

그림 1은 on/off cycle 전후의 성능을 type별로 비교한 그래프이다. 가장 큰 폭으로 증가한 type C가 가장 좋은 성능을 보이고 있고, 반면에 type D의 경우에는 on/off cycle 이후에 성능이 큰 폭으로 떨어지는 결과를 보였다. Type C의 경우 purge gas를 air로 사용하므로 자동차 구동시 purge gas를 쉽게 공급할 수 있는 장점이 있다. 이를 보았을 경우에는 type C의 경우가 가장 좋은 purge gas 조성과 자동차용 연료전지 off시에 가장 적합한 방법이라 사료된다.

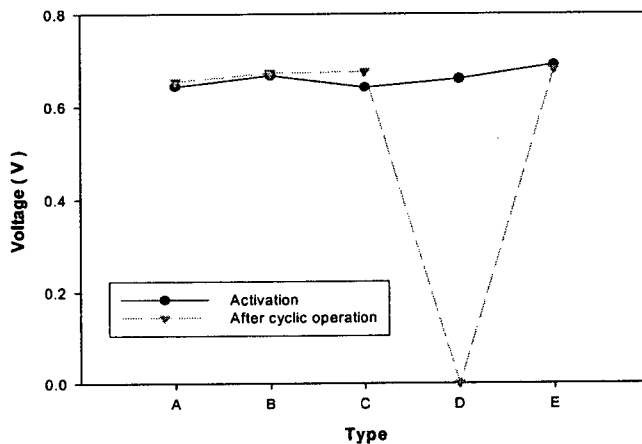


그림 1. Performance of PEMFC

4. 결론

본 연구에서는 연료전지의 on/off 반복 실험을 통해 연료전지에 잔존하는 내부 기체 조성의 변화가 연료전지 성능에 어떠한 영향을 미치는지 확인해 보았다. 내부 잔류 기체의 성분에 따라서 연료전지의 성능과 수명에 지대한 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었고, 따라서 이에 대한 다양한 운전조건에서의 실험과 연료전지의 내구성 테스트 및 재료 개발이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Alfred P. Meyer, Vincent M. Callaghan, "Procedure for purging a fuel cell system with inert gas made from organic fuel". U. S. patent, US20030072978A1, 2003.
- [2] David A. Condit, et al, "Shut-down procedure for hydrogen-air fuel cell system". U. S. Patent, US20020182456A1, 2002.
- [3] Deliang Yang, et al, "Procedure for shutting down a fuel cell system having an anode exhaust recycle loop". U. S. patent, US20020102443A1, 2002.