

## 연료전지의 임피던스방법 적용 연구

김귀열  
울산대학교

### Fuel Cell Performance by the Impedance Method

Gwi-yeol Kim  
University of Ulsan

**Abstract** : Fuel cell is a modular, high efficient and environmentally energy conversion device, it has become a promising option to replace the conventional fossil fuel based electric power plants. The high temperature fuel cell has conspicuous feature and high potential in being used as an energy converter of various fuel to electricity and heat.

And, The research and development for the solid oxide fuel cell have been promoted rapidly and extensively in recent years, because of their high efficiency and future potential. Therefore this paper describes the manufacturing method and characteristics of anode electrode for solid oxide fuel cell, by the way , Ni-YSZ materials are used as anode of high temperature widely.

So in this experiments, we investigated the optimum content of Ni, by the impedance characteristics, overvoltage. As a result, the performance of Ni-YSZ anode(40vol%) was better excellent than the others.

**Key Words** : Fuel cell, Impedance method, Performance analysis

### 1. 서 론

연료전지는 연료가 갖고 있는 화학에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 장치로서 발전효율이 기존의 발전장치보다 10-25 [%] 더 높으며, 운전 중에 소음이 없고, 저공해 발전설비이기 때문에 환경문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 용량으로 제작이 가능하여 적용범위가 넓다.

현재 연료전지의 개발에서 가장 중요한 과제로서 지적되고 있는 것은 전지본체의 높은 출력과 전지본체의 오랜 수명을 유지하는 것이다.

교류임피던스(AC)법은 전기화학 임피던스 스펙트라(EIS)법이라고도 불리며, 전극계면에 미소한 정현파 교류 전압을 가하여, 단계적으로 주파수를 변화시키면서 임피던스의 주파수분산을 측정함으로써, 전하이동과정이나 확산저항, 이중층용량, 흡착과정에 관한 인자 등을 결정하는 측정법이다. 측정결과는 통상 Cole-Cole plot라 불리는 복소수 표시의 플롯으로 표시된다.

AC 임피던스 Z는  $Z=dE/dI$ 로 정의된다. 여기서 Z와 I의 미분 형태로 표시되는 것은 Z가 교류신호에 대하여 정의되는 양이며, 정상적인 DC 성분은 Z에 관계하지 않기 때문이다. 통상의 전기화학계에서는 E와 I에서는 DC성분이 포함되고 있지만, 교류신호만으로 주목하기 때문에, dE와 dI는 교류만의 신호이며, 어느 위상차를 가지고 있으므로, 복소수로서 표현됨과 더불어, Z도 복소수로 된다.

전기화학계에서는 전극반응을 전위와 전류와의 관계이므로, AC임피던스는 주파수 응답 형태로 속도론적인 정보를 포함한 유용한 정보를 제공한다.

연료전지의 발전량은 전지 단위면적당 수백mW로 작기 때문에 전지제작 cost의 저감, 대면적화의 추구를 고려한 재료, 제법 및 성능평가법의 기술 확립이 필요하다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 구성 재료, 제법, 설계, 특성평가 등에 관한 기초적인 문제점을 명확히 할 필요가 있다. 한편 본 보고에서는 연료전지의 실용화를 위해서 필수적인 특성 평가 법 중에서 특히 임피던스법의 적용을 중심으로 소개하고자 한다.

### 2. 실험

그림1은 AC임피던스측정에 사용한 장치를 나타낸다.

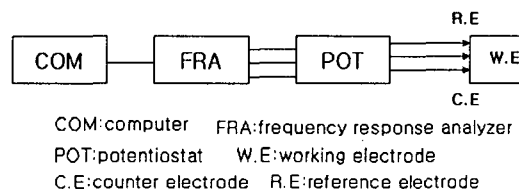


그림 1. 임피던스 측정의 블록선도.

고체산화물 연료전지는 전해질에 대표적인 산소 이온 도체인 이트리아 안정화 지르코니아를 사용하였고, 그 제작은 간편하며 신뢰성이 높은 doctor blade법에 의하여 제작된 YSZ 막 양쪽에 산소극, 연료극을 각각 도포하여 소형cell을 구성하고, 그 재료는 산소극에 LSM, 연료극에 Ni-YSZ cement를 사용하였다.

특성평가용 소형cell 장착장치는 셀출력을 별도로 제작

하여 사용하였다. 연료가스와 산화 가스는 내부 출다의 안쪽관을 따라 셀에 공급하고, 반응한 후 남은 가스는 출다 사이의 틈으로 흘러 밖으로 배출이 가능하도록 하였다.

그리고 정전류에서 연속 운전중에 전압의 변화를 확인하고, 교류 임피던스법을 이용하여 저항을 측정하며 특성저하의 원인을 파악하였다. 한편 임피던스(Impedance)의 측정은 IM6 Impedance measurement system(Zahner Elektrik)을 이용하여 0.005[Hz]~2[MHz]의 주파수 범위에서 행하였으며, 측정온도는 작동온도인 1,000[°C]였다.

### 3. 결과 및 검토

고체산화물 연료전지 구성요소의 제조조건을 변화시켜 소형셀의 특성평가를 연구하였으며, 이러한 연구를 통하여 소형셀의 성능을 개선시키고 최적의 구성요소기술을 확립하고자 노력하였다. 그리고 LSM/8YSZ/Ni-YSZ의 조성으로 제작된 셀을 이용하여 운전시간에 따른 과전압의 변화를 살펴보았는데, 공기극의 시간-과전압 곡선에서는 약 수백시간을 운전한 이후에도 초기의 80mV에 비해 약 20mV 밖에 증가하지 않는 특성을 보였다.

또한 연료극측 변화를 보면 초기과전압은 150mV 정도로 비교적 낮은 특성을 보였으나 약300시간의 운전시간이 경과함에 따라 초기성능에 비하여 약 110mV 정도의 과전압이 증가하는 경향을 보였다. 임피던스 측정은 5mHz-2MHz의 주파수 범위에서 행하였으며, 측정온도는 작동온도인 1000°C였다. 가령 연료극의 조성을 변화시켰을 때 임피던스의 결과에서 Ni함량이 40vol%보다 많아질수록 분극저항이 크게 증가하는 경향을 알 수 있고, 특성을 예측할 수 있다. 또한 연료극측 변화를 보면 초기과전압은 150mV 정도로 비교적 낮은 특성을 보였으나 약300시간의 운전시간이 경과함에 따라 초기성능에 비하여 약 110mV 정도의 과전압이 증가하는 경향을 보였다. 임피던스 측정은 5mHz-2MHz의 주파수 범위에서 행하였으며, 측정온도는 작동온도인 1000°C였다. 가령 연료극의 조성을 변화시켰을 때 임피던스의 결과에서 Ni함량이 40vol%보다 많아질수록 분극저항이 크게 증가하는 경향을 알 수 있고, 특성을 예측할 수 있다. 그리고 SOFC의 연료극 임피던스를 측정된 결과, Ni함량이 40vol %보다 많아질수록 분극저항이 크게 뒀을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] N. Q. Minh and T. Takahashi, "Science and Technology of Ceramic Fuel Cell", Elsevier, p.120, 1995
- [2] Leo J. M. J. Blomen and Michael N. Mugerwa, "Fuel Cell Systems", Plenum, p.310, 1993
- [3] W. Vielstich, A. Lamm and H. A. Gasteiger, "Handbook of Fuel Cells", John Wiley & Sons, p.178, 2003

[4] US Department of Energy, "Fuel Cell Handbook", John Wiley & Sons, 5th edition, p.93, 2000

[5] J. R. Macdonald, "Impedance Spectroscopy, Emphasizing Solid Materials and Systems", John Wiley & Sons, p.114, 1987