

다공성 Glass Fiber 부직포가 보강된 염기계 겔 전해질을 포함한 초고용량 캐패시터의 전기적 특성

송준기, 박준호, 김종희¹, 고장면*

국립 한밭대학교 응용화학과

¹한국 에너지기술연구원 에너지 저장 연구센터

(jmko@hanbat.ac.kr*)

Alkaline polymer gel electrolyte composite using glass fiber for supercapacitor

Jun Ki Song, Jun Ho Park, Jong Huy Kim¹, Jang Myoun Ko*

Department of Applied Chemistry, Hanbat National University

¹Energy Storage research center Korea Institute of Energy Research

(jmko@hanbat.ac.kr*)

1. 서 론

최근 전기자동차, 전자기기 등 고출력을 요구하는 에너지원으로서 초고용량 캐패시터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 초고용량 캐패시터에 사용되는 되는 액체 전해질은 이온전도도가 높은 장점이 있지만 누액의 가능성과 캐패시터의 형태 변화 등 셀의 디자인 측면에 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 고체 전해질 또는 고분자 겔전해질이 주목받고 있는데 이는 캐패시터의 수명특성, 안전성 및 디자인 측면에서 장점이 있기 때문이다. 그런데 완전 고체형 고분자 전해질은 액체전해질 보다 이온전도도가 낮은 단점이 있어 실제 초고용량 캐패시터에 적용하기 어렵고, 용매를 포함한 고분자 겔(gel) 전해질은 높은 이온전도도를 나타내지만 기계적 물성이 낮은 단점이 있다[2].

따라서 본 연구에서는 기계적 물성을 유지하면서 높은 이온전도도를 갖는 알카리계 겔 고분자전해질 복합체를 제조하여 초고용량 캐패시터에 응용 가능성을 조사하였다. 여기서 알카리계 겔 고분자전해질 복합체에 기계적 물성을 부여하기 위하여 유리섬유 부직포를 사용하였다.

2. 실험

알카리계 겔 고분자전해질(APGE)의 제조방법은 potassium acrylic acid (PPA)를 9M KOH-H₂O에 2.0 wt%, 3.85 wt%, 5.6 wt%비율로 각각 첨가하여 교반 한 후 실온에서 24시간 동안 방치하여 전해질을 안정화시키도록 하였다. 안정화된 겔 전해질을 사용하여 제작한 캐패시터를 ac 임피던스(Auto lab/FRA)를 통해 9M KOH-H₂O 용액과 APGE의 이온전도도를 비교하였다. 이때 주파수 범위는 100 kHz~10 mHz이었고, 인가전압은 10 mV 였다. 이온전도도는 아래의 반응식(1)을 사용하여 계산 하였다. 여기서 1 는 전해질의 두께이고, A는 전극 면적이다. 그리고 R_b는 ac 임피던스로부터 측정되어진 전해질의 저항이다[1].

$$\sigma (\text{S/cm}) = 1(\text{cm}) / R_b (\Omega) \times A(\text{cm}^2) \quad (1)$$

전기적화화학적 특성을 확인하기 위해 Ni-foam 집전체 전극을 사용하여 half cell 및 full cell 캐패시터를 제조하여, CV(Cyclic voltammetry) 및 충방전 실험

을 하였다. 전극물질로 활성탄소(MSC-30)와 도전재인 Super-P, 바인더인 Teflon 분말을 7:2:1 비율로 혼합한 후, 이를 Ni-foam 집전체($1 \times 1 \text{ cm}^2$)에 충전한 한 다음 롤 프레스로 압착하여 전극을 제조하였다. CV 실험은 겔 전해질의 전기화학적 안정성을 확인하기 위해 Potentiostat/Galvanostat(EG&G 273A)를 이용하여 선형 주사 전위법(linear sweep voltammetry, LSV)으로 전압범위 $-2.0 \sim 1.0 \text{ V}$ 까지 측정하였고, 주사속도 $500 \sim 20 \text{ mV/s}$ 에서 전류-전압 반응을 통해 half cell 및 full cell의 캐패시턴스를 측정하였다. 충방전 실험은 TOSCAT-3000를 사용하였고, 전류밀도 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 mA의 전류를 가하면서 0.9 V까지 충전, 0 V까지의 방전하면서 용량을 측정하였다. Half cell의 CV 실험의 경우에는 3전극(3M KCl을 포함한 Ag/AgCl을 기준전극, Ni-foam을 작업전극, 백금 상대전극)으로 구성하여 실험을 실시하였고, full cell의 CV와 충방전 실험의 경우에는 전해질을 충분히 코팅시킨 다공성 유리섬유를 분리 막으로 사용하였다.

3. 결과 및 토론

Fig. 1은 이온전도도를 고분자 겔 전해질(APGE) 제조에 포함된 PAA 농도의 함수로 나타낸 것이다. 약 4%까지는 매우 높은 이온전도도를 나타내지만 그 이후부터는 약간 감소하는 거동을 보인다. 즉 약 4% 첨가시는 9M KOH-H₂O 액체전해질과 거의 같은 이온전도도 값을 보이다가 그 이상 첨가하면 용액의 점도가 증가하여 이온전도도는 감소한다. 4%의 PAA를 첨가하는 것만으로도 고분자 겔 전해질은 유동성을 상실하고 거의 고체와 같은 거동을 보인다. 이러한 특성은 PAA 초흡수성 특성에 기인한 것으로 고분자 전해질로 사용하기에 매우 적합함을 뜻한다.

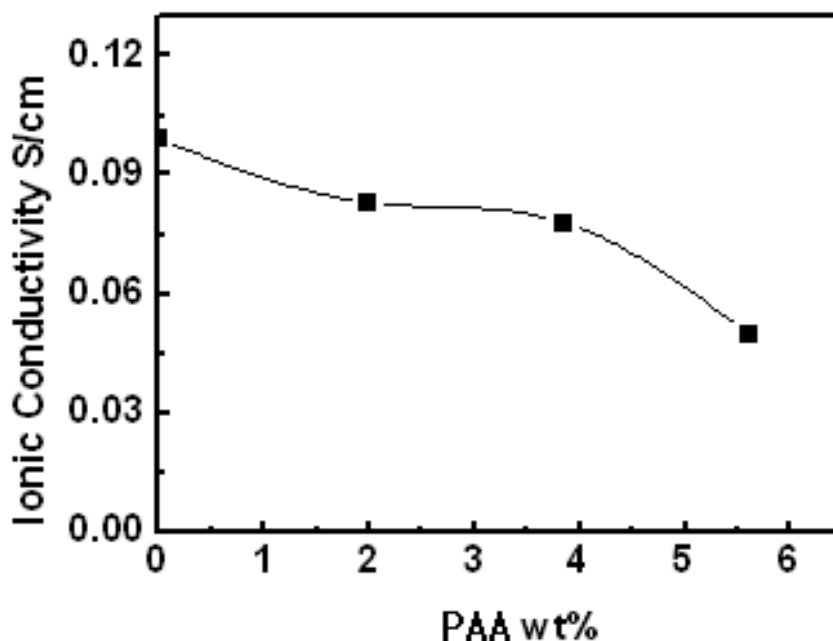


Fig. 1 Ionic conductivities as function of content of PAA in 9M KOH- H₂O APGE in glass fiber.

Fig. 2는 APGE의 Bode Plot이다. 9M KOH-H₂O 용액에 대한 이온의 응답시간 (response time)은 2.7 sec이고, 2%의 PPA를 포함한 APGE는 2.72 sec로써 이온의 움직임 거동이 액체 전해질과 PAGE 전해질에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

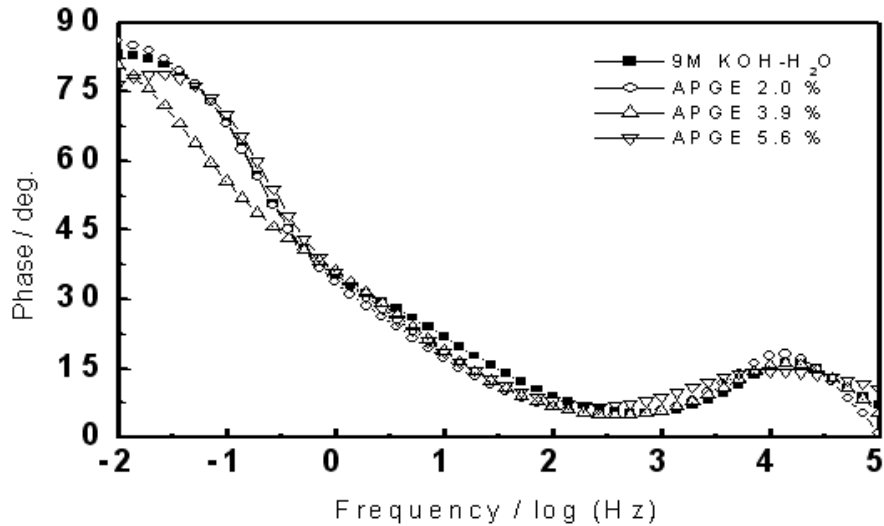


Fig. 2. The bode plot for 9M KOH- H₂O APGE

Fig. 3은 활성탄소 전극에 APGE를 적용하여 제조한 full-cell에서 얻은 CV 곡선이다. 직사각형에 가까운 CV 곡선을 보여주며 이는 전형적인 캐패시터 특성을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과는 APGE 전해질이 초고용량 캐패시터의 전해질로서 매우 적합함을 뜻한다.

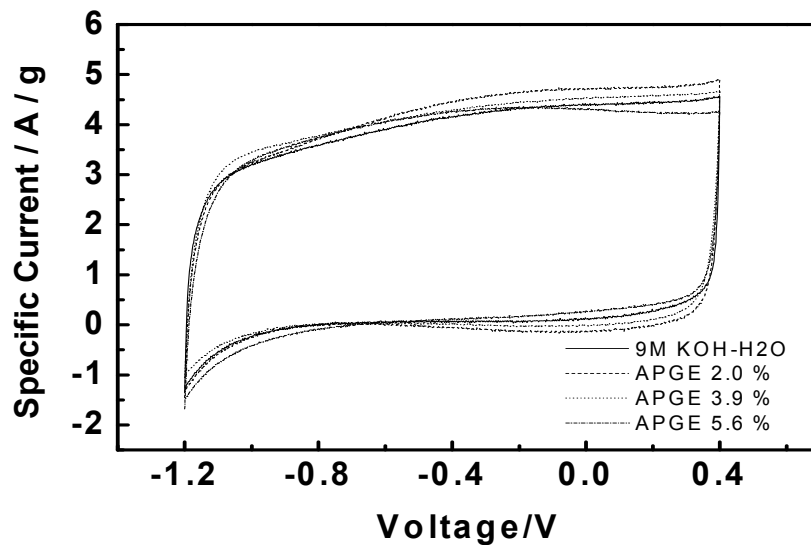


Fig.3 CV curves for capacitor with activated carbon electrodes and APGE electrolyte at 20 mV/sec.

Fig. 4는 활성탄소 전극에 APGE를 적용하여 제조한 full-cell 초고용량 커패시터에 일정 전류를 가하면서 측정한 방전용량을 나타낸 것이다. 9M KOH-H₂O 수용액 전해질과 본 연구에서 제조한 APGE 전해질을 사용한 커패시터의 특성 차이는 거의 없음을 알 수 있다. 오히려 2.0% PAA를 함유한 APGE를 적용한 커패시터가 가장 우수한 특성을 나타내는 것이 특이하다. 또한 고율 충방전에서도 우수한 커패시턴스 특성을 확인 할 수 있었다. 또한 상당한 점성을 가지는 APGE의 용량 값이 용액상의 전해질과 큰 차이를 보이지 않는 특성을 보였다.

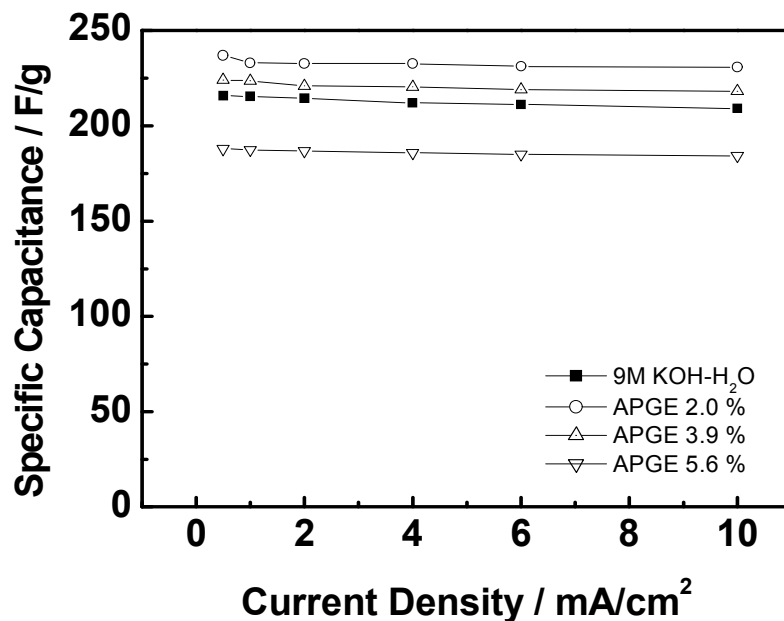


Fig. 4. Discharged capacitance of Ni-Foam full-cell 9M KOH-H₂O APGE in various concentration.

4. 결 론

초고용량 커패시터의 전해질로서 APGE와 9M KOH-H₂O를 사용하여 성능을 조사한 결과, 고분자 겔인 APGE와 액체전해질인 9M KOH-H₂O는 매우 유사한 거동을 나타내었으며, APGE가 초고용량 커패시터의 전해질로서 적당함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Fauvarque J. F., Guinot S., Bouzir N., Salmon E. and Penneau J.F., "Alkaline poly(ethylene oxide) solid polymer electrolytes. Application to nickel secondary batteries", *Electrochim. Acta* **40** (13-14) 2449 (1995)
- [2] Lewandowski A., Skorupska A., Malinska A., "Novel poly(vinyl alcohol)-KOH-H₂O alkaline polymer electrolyte", *Solid State Ionic* **133** (3-4) 265 (2000)