

직접메탄올 연료전지용 Poly(ether sulfone)/Sulfonated Poly(ether ether ketone) 블렌드 막의 특성 연구

천훈상 · 이충곤 · 홍성욱[†]

한밭대학교 화학공학과

(2004년 9월 20일 접수, 2004년 11월 9일 채택)

Characterization of Polymer Blends of Poly(ether sulfone)/Sulfonated Poly(ether ether ketone) for DMFC

Hun Sang Cheon, Choong Gon Lee, and Seong Uk Hong[†]

Department of Chemical Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea

(Received September 20, 2004; accepted November 9, 2004)

Poly(ether ether ketone)을 설폰화시킨 후 poly(ether sulfone) (PES)과 다양한 조성으로 혼합하여 블렌드 막을 제조하였고, 직접메탄올 연료전지(DMFC; Direct Methanol Fuel Cell)용 고분자 전해질 막으로의 응용 가능성을 살펴보기 위하여 조성의 변화에 따른 메탄올 투과도, 수소 이온 전도도, 이온 교환 용량, 그리고 함수율의 변화를 살펴보았다. Sulfonated poly(ether ether ketone) (SPEEK)의 경우 수소 이온 전도도는 비교적 우수하였으나 메탄올 투과도 역시 비교적 높았다. 그러나, PES의 양이 증가함에 따라 수소 이온 전도도보다 메탄올 투과도가 급격히 감소하여서 PES의 양이 40%일 때 가장 좋은 선택성을 나타내었다.

Sulfonated poly(ether ether ketone) (SPEEK) was blended with poly(ether sulfone) (PES) at various compositions. To investigate the possibility of using the blend membranes as polymer electrolyte membranes for direct methanol fuel cell, the blend membranes were characterized in terms of methanol permeability, proton conductivity, ion exchange capacity, and water content. Both proton conductivity and methanol permeability of SPEEK were relatively high. As the amount of PES increased, methanol permeability decreased more rapidly compared to proton conductivity. The experimental results indicated that the blend membrane with 40 wt% PES was the best choice in terms of the ratio of proton conductivity to methanol permeability.

Keywords: DMFC, polymer electrolyte membranes, sulfonated (poly ether ether ketone), methanol permeability, proton conductivity

1. 서 론

손목시계 크기의 마이크로 PDA나 입고 다닐 수 있는 컴퓨터(wearable computer)와 같이 편리하고 휴대하기 간편한 제품들이 개발되어 실용화되기 위해서는 IT기술뿐만 아니라 이들을 사용하거나 생산할 수 있도록 할 부수적인 기술도 확보되어야 함은 물론이다. 그러한 부수적인 기술 중 가장 중요한 하나는 전원 공급과 관련된 기술이다. 삼성전사에서 계산한 바에 의하면 차세대 이동통신기구나 컴퓨터 등의 작동을 위해서는 500 Wh/kg의 출력을 가지는 전원이 필요하지만, 기존의 리튬 이차전지로는 이론상으로 최고 300 Wh/kg의 출력밖에 얻을 수 없어 연료전지와 같은 차세대전지의 개발이 시급한 실정이다.

연료전지는 사용되는 전해질의 종류에 따라 인산형, 용융탄산염형,

고체산화물형, 고체고분자형, 그리고 알칼리형 등으로 나뉘어진다 [1,2]. 고체고분자형 연료전지 중에서 수소를 원료로 하는 종류를 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)라고 하며 메탄올을 사용하는 종류를 직접메탄올 연료전지(DMFC)라고 한다. PEMFC는 출력 에너지 밀도가 높지만 폭발 위험성이 매우 높은 수소 가스를 직접 연료로 사용하거나 천연가스, 메탄올, 개솔린 등과 같은 일반 연료로부터 수소를 발생시켜 사용하므로 안전한 수소 저장장치나 수소 발생 장치가 필요하다는 단점이 있다. 따라서 수소에 비하여 다루기 간편하고 위험성이 낮은 메탄올을 사용하는 DMFC는 PEMFC에 비하여 저장, 이동과 관련된 안전성이 매우 우수하여 휴대용 컴퓨터, 휴대폰과 같은 소형 이동식 전자제품의 전원으로서 응용하기에 매우 이상적이다. 따라서 직접메탄올 연료전지의 개발을 위한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

DMFC의 제조를 어렵게 하고 있는 가장 중요한 부분은 고분자 전해질막이다. DMFC 제조에 적절한 막은 수소 이온 전도성이 우수하

[†] 주 저자(e-mail: suhong@hanbat.ac.kr)

2. 실험

여야 하고, 전자 전도성이 없어야 하며 수소 이온 이외의 물질(메탄올, 물 등)을 통과시키지 않아야 한다[3]. 직접메탄올 연료전지용 고분자 막으로 적용되고 있는 고분자의 대표적인 예는 Nafion 117과 같은 이온교환막이다. Nafion은 Dupont사에서 개발한 고분자로 SO₂기를 함유하고 있는 플로르화 중합체이다. Nafion으로 제조된 막은 화학적 안정성과 수소 이온 전도도가 우수하며 물의 이동성이 적어 PEMFC용 고분자 막으로는 매우 이상적이다. 그러나, Nafion계열 고분자를 직접메탄올 연료전지용 막으로 적용하기 위한 연구 결과에 따르면 Nafion은 매우 낮은 메탄올 농도에서도 40%에 가까운 메탄올의 cathode로의 이동을 허용하므로 실제 적용에 적절하지 못하다[4]. 메탄올의 투과(crossover 현상)가 일어나면 연료가 낭비될 뿐만 아니라 cathode가 극산화되어 에너지 효율과 전지 성능이 저하된다[5,6].

Nafion 이외의 고분자를 적용하고자 하는 연구도 매우 활발히 진행되고 있다. 한 예로 polybenzimidazole (PBI)는 고온에서의 물리, 화학적 안정성이 매우 우수하여 고온형 직접메탄올 연료전지용 고분자 전해질 막으로 개발되었으며 인산이나 황산과 같은 산으로 doping한 후 사용한다. PBI는 Nafion에 비하여 물과 메탄올의 투과도가 매우 낮으면서도 수소 이온의 전도도가 비교적 높은 특성을 지니고 있으나, 이 고분자를 사용하여 제조한 막도 메탄올의 농도가 높거나 전류 밀도가 높은 경우에 메탄올의 crossover 문제를 여전히 가지고 있는 것으로 밝혀졌다[4].

상온에서 높은 수소 이온 전도도를 가지는 다른 소재로는 설폰화 poly(ether.ether.ketone) (SPEEK)이 있다[7]. SPEEK는 보통 SO₃H⁺의 pK_a 값과 미세 구조의 차이에 의해서 전달 특성이 달라진다. SPEEK의 경우 소수성 영역과 친수성 영역의 차이가 적을수록 SO₃H⁺ 사이에 큰 분리가 일어나며 좁고 연결성이 줄어든 친수성의 channel이 형성된다. SPEEK는 PBI와 같은 소재와의 블렌딩(blending)을 통해서 친수성 부분과 소수성 부분의 분리를 최소화하여 좁은 친수성 통로를 형성함으로써 물이나 메탄올과 같은 용매의 투과를 막을 수 있다.

Zaidi 등은 SPEEK에 불균일 고분자산(heteropolyacid)인 tungstophosphoric acid를 첨가하여 막을 제조한 결과 수개월 동안 물속에서 막을 보관하여도 상온에서의 수소 이온 전도도가 변하지 않았으며 250 °C까지의 온도에서 열적안정성과 강한 기계적 강도를 나타내었다[7]. Wilhelm 등은 SPEEK와 poly(ether sulfone) (PES)의 블렌드 막을 제조하였고 이온 교환 용량, 함수율, 그리고 전기 저항을 측정하였으며 SPEEK 양이 40~80%일 때 실용적으로 사용될 수 있을 것이라고 예측하였다. 그러나, DMFC에 사용되기 위해서 중요한 인자인 메탄올 투과도는 측정하지 않았다[8]. Manea와 Mulder도 SPEEK와 PES의 블렌드 막을 제조하고 이온 교환 용량과 전기 저항을 측정하였으며 흡수실험과 투과증발실험을 통해서 메탄올의 용해도와 투과도를 측정하였으며 SPEEK 양이 50~60%일 때 실용적으로 사용될 수 있을 것이라고 제안하였다[9].

본 연구에서는 SPEEK와 PES의 블렌드 막을 다양한 조성으로 제조하고 이온 교환 용량과 함수율을 측정하였다. 또한, 실제로 DMFC에 고분자 전해질 막으로서 사용될 때와 가장 가까운 실험 조건에서 수소 이온 전도도와 메탄올 투과도를 측정하고 이들의 비를 '선택도'라고 정의함으로써 DMFC에 가장 응용 가능성이 있는 고분자 블렌드를 선정하였다.

2.1. 재료 및 시약

Poly(ether ether ketone) (PEEK)과 PES은 Polyscience Inc.에서 구입하여 사용하였다. PEEK의 설폰화제로는 진한 황산(95~98%, Aldrich)을 사용하였으며 용매는 N-methyl-2-pyrrolidone (NMP, 99%, Acros)를 사용하였다. 또한, 메탄올 투과도 측정을 위해 메탄올(99.93%, HPLC grade, Aldrich), 이온 교환 용량(IEC; Ionic Exchange Capacity) 측정을 위해 수산화나트륨(NaOH, Kanto Chemical Co.), 염산(HCl, 35~37%, Matsunoen Chemical Ltd.)을 사용하였다.

2.2. Sulfonated poly(ether ether ketone) (SPEEK)의 제조

Helmer와 Metamann이 개발한 방법을 사용하여 PEEK를 설폰화하였다[16].

먼저, PEEK 25 g을 90 °C에서 24 h 동안 진공 건조한 후 진한 황산 1 L에 5일 동안 교반하여 용해한다. 용해된 용액을 얼음물에 천천히 부으면 하얀 침전이 생성된다. 얻어진 침전물을 증류수로 수일에 걸쳐 세척하는데 세척수가 중성이 되면 세척을 멈춘다. 설폰화된 PEEK를 실온에서 하루 동안 1차 건조한 후, 잔류수분을 제거하기 위해서 50 °C에서 3일 동안 진공 건조한다. Figure 1에 대략적인 PEEK 설폰화 반응 메커니즘을 나타내었다.

2.3. 고분자 전해질 막의 제조

먼저 SPEEK와 PES의 조성을 변화시키면서 NMP에 용해시켜서 20 wt% 고분자 용액을 제조한다. 제조된 고분자 용액을 casting knife를 사용하여 유리판 위에 casting한 후 실온에서 1차 건조하였다. 대부분의 용매가 증발한 후 잔류 용매를 제거하기 위해 50 °C vacuum oven에서 3일 동안 진공 건조하였다. 제조된 고분자 전해질 막의 두께는 평균 20 μm이었다.

2.4. 메탄올 투과도 측정

메탄올 투과도 실험에 사용한 투과 셀을 Figure 2에 나타내었다. Chamber A에는 10 wt% 메탄올 수용액 200 mL를 채우고 반대편의 chamber B에는 증류수 35 mL를 채운다. 이 두 chamber 사이에 위치한 고분자 전해질 막의 유효면적은 7.02 cm²이며 클램프를 이용하여 고분자 전해질 막을 고정하였다. 투과 셀의 온도를 일정하게 유지하기 위해서 셀을 항온수조(EYELA bath SB-9)에 담갔으며 실험 도중 교반을 계속하였다. 투과 실험은 25~65 °C의 온도 범위에서 실시하였다. 시간의 변화에 따른 메탄올의 농도 변화는 Porapak T (80/100) column이 장착된 Gas Chromatography (Agilent Technologies 6890N)를 이용하여 측정하였다.

메탄올 투과도는 시간의 변화에 따른 메탄올의 농도 변화를 측정하여 식 (1)의 기율로부터 계산하였다.

$$C_B(t) = \frac{AP}{LV_B} C_{A0} \cdot t \quad (1)$$

여기에서 C_B(t)는 시간 t에서의 B chamber의 메탄올 농도, A는 막의 유효 면적(cm²), P는 메탄올 투과도(cm²/s), V_B는 B chamber의 부피(cm³), L은 막의 두께(cm), 그리고 C_{A0}는 A chamber의 메탄올 농도이다.

2.5. 수소 이온 전도도 측정

수소 이온 전도도 측정에 사용한 장치의 개략도를 Figure 3에 나타

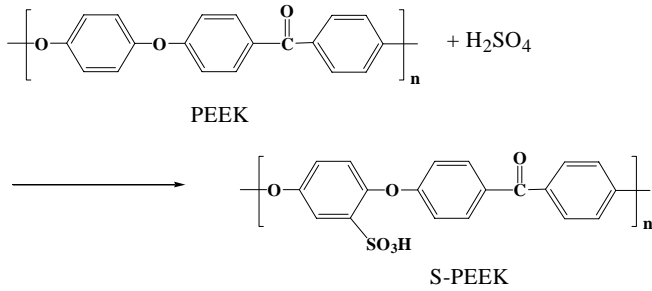


Figure 1. Reaction mechanism of PEEK sulfonation.

내었다. 먼저 제조된 고분자 전해질 막을 실험에 적당한 크기로 잘라서 증류수에 하루 이상 동안 침적시킨 후에 1 M-H₂SO₄ 수용액에 다시 침적하였다. 준비된 블렌드 막을 이온전도도 측정 셀의 중앙에 위치하도록 하고 셀의 양쪽 빈 공간에 1 M-H₂SO₄를 채운 후 항온수조 (EYELA bath SB-9)에서 일정한 온도에 도달하게 한 후 수소 이온 전도도를 측정하였다. 수소 이온 전도도 측정 실험은 25~65 °C의 온도 범위에서 실시하였다. 실험에 사용한 전극은 Pt-black (유효면적 1 cm²)이며 주파수 1000 Hz, 전압 1 V에서 LCR hitester (Reactance Capacitor Resister tester, Hioki Model 3522)로 고분자 전해질 막의 전기저항을 측정하였다. 이렇게 측정한 저항 값으로부터 수소 이온 전도도를 식 (2)를 사용하여 구하였다.

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{(R_2 - R_1) \cdot S} \quad (2)$$

이 식에서 K 는 이온전도도(S/cm), ρ 는 비저항, L 는 막의 두께(cm), R_2 와 R_1 는 각각 블렌드 막이 있을 때와 없을 때의 전기저항(Ω), 그리고 S 는 막의 유효면적(cm²)이다.

2.6. 이온 교환 용량(Ion Exchange Capacity, IEC)

이온 교환 용량을 측정하기 위해 Fisher의 역적정법을 이용하였다.

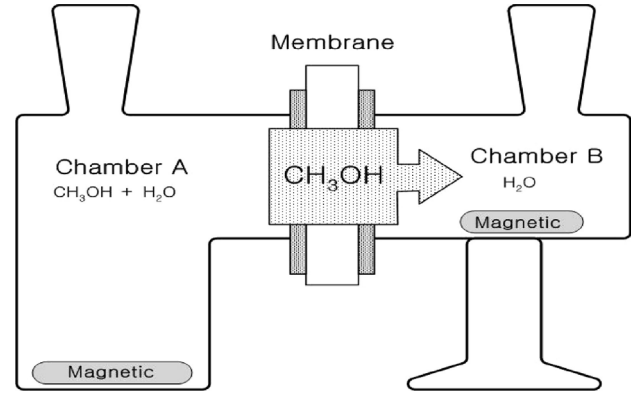


Figure 2. Schematic diagram of permeation cell.

제조된 고분자 전해질 막을 적당한 크기로 자른 후 막의 질량을 측정하고 0.1 N NaOH 수용액 100 mL에 하루 동안 침적시킨다. 하루 동안 침적시켜서 SPEEK의 -SO³H⁺가 -SO³Na⁺의 형태로 치환되도록 한 후 고분자 전해질 막이 담긴 0.1 N-NaOH 수용액 50 mL를 취하여 0.1 N HCl을 사용하여 적정하고 식 (3)으로부터 이온 교환 용량을 구한다.

$$IEC = \frac{2 \times (50 \times N_{NaOH} - Y \times N_{HCl})}{g \text{ membrane}} \quad (3)$$

여기에서 IEC는 이온 교환 용량(meq/g membrane)이고, N_{NaOH} 와 N_{HCl} 은 각각 NaOH와 HCl의 노르말 농도, 그리고 Y 는 소모된 HCl의 양(mL)이다.

2.7. 함수율(Water Content)

제조된 고분자 전해질 막을 증류수에 하루 이상 충분히 침적한 후 여과지로 막 표면에 부착된 수분을 제거하고 막의 질량을 측정한다. 이 막을 진공 오븐에 넣고 3일 동안 진공 건조하여서 수분을 완전히 제거한 후 질량을 다시 측정한다. 식 (4)를 사용하여 함수율을 계산한다.

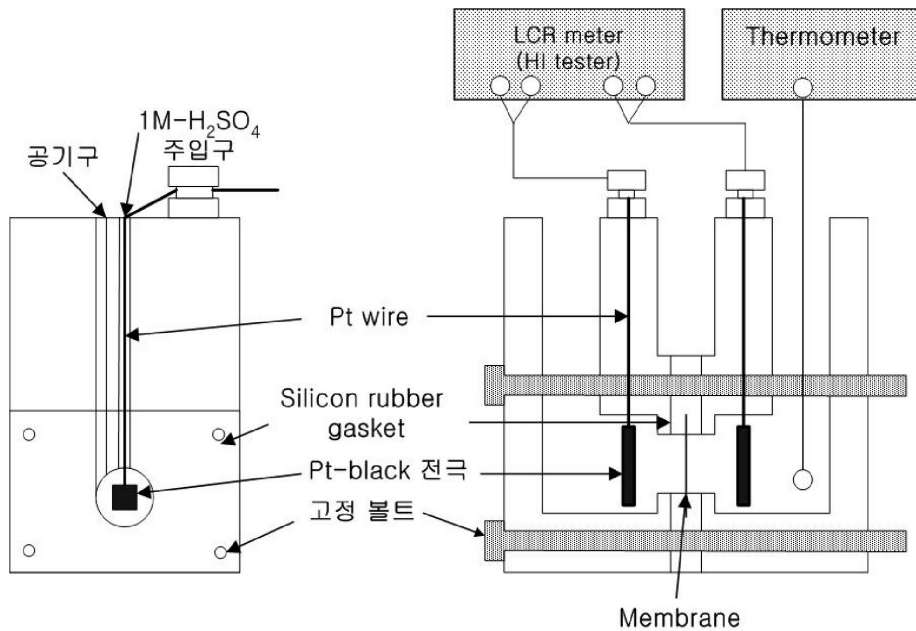


Figure 3. Schematic diagram of proton conductivity measurement apparatus.

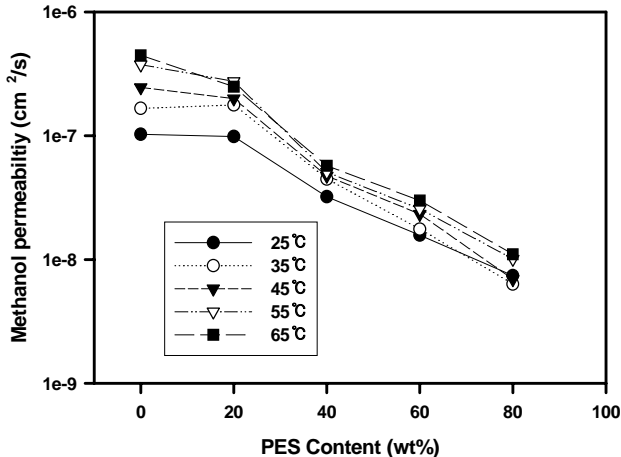


Figure 4. Effect of membrane composition on methanol permeability.

$$W = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}} \quad (4)$$

여기에서 W 는 함수율(g H₂O/g membrane)이고 m_{wet} (g)와 m_{dry} (g)는 각각 수분을 흡수한 막과 건조된 막의 질량이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 메탄올 투과도

블렌드 막을 사용하여 메탄올 투과 실험을 하기 전에 직접메탄올 연료전지에 사용되고 있는 상용화된 고분자 전해질 막인 Nafion 117을 사용하여 25 °C에서의 메탄올 투과도를 측정된 결과 문헌에 보고된 1.72×10^6 cm²/s[17] 보다 조금 낮은 9.78×10^7 cm²/s의 값을 얻었다. SPEEK와 PES을 다양한 조성으로 블렌딩하여 제조한 고분자 전해질 막의 메탄올 투과도를 Figure 4에 나타내었다. 25 °C에서 SPEEK의 메탄올 투과도는 1.03×10^7 cm²/s로서 이전의 연구에서 polysulfone과의 블렌드 막 제조에 사용하였던 SPEEK의 메탄올 투과도와 비슷하였으며[10] 상용화된 고분자 전해질 막인 Nafion 117에 비해서는 약 1/10 수준이었다. PES의 양이 20%인 블렌드 막의 메탄올 투과도 값은 SPEEK의 메탄올 투과도와 거의 변함이 없었으나, 그 이후에는 PES의 양이 증가함에 따라 블렌드 막의 메탄올 투과도가 급격히 감소하였다. 이로부터 PES 양이 40%인 블렌드 막부터는 PES가 SPEEK의 친수성을 많이 감소시키는 것을 알 수 있었다. 이전의 연구에서 polysulfone의 메탄올 투과도는 3.14×10^9 cm²/s로[10] 측정 가능하였던 반면 순수한 PES의 메탄올 투과도는 측정이 불가능할 정도로 매우 낮았다. Figure 5는 온도의 변화에 따른 메탄올 투과도의 변화를 나타낸 것으로 온도가 증가함에 따라서 메탄올의 투과도가 조금씩 증가하지만 그 증가량은 그다지 크지 않은 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 제조된 블렌드 막을 통한 메탄올의 투과 활성화 에너지가 비교적 낮음을 알 수 있다.

3.2. 수소 이온 전도도

블렌드 막을 사용하여 수소 이온 전도도 측정을 하기 전에 Nafion 117을 사용하여 25 °C에서의 수소 이온 전도도를 측정된 결과 7.68×10^2 S/cm으로서 문헌에 알려진 값인 0.1 S/cm와 유사한 값을 얻었다

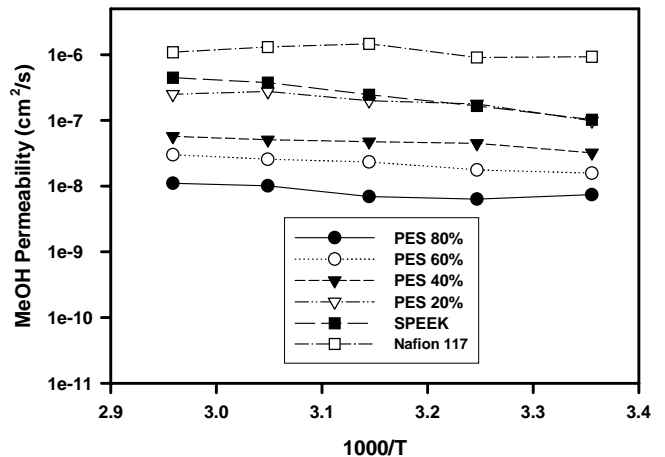


Figure 5. Effect of temperature on methanol permeability.

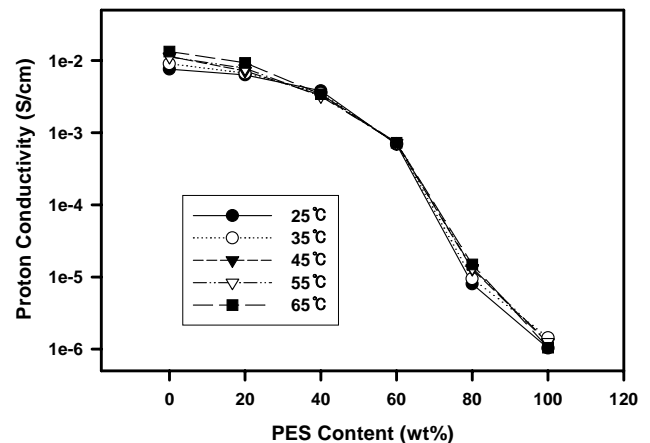


Figure 6. Effect of membrane composition on proton conductivity.

[18]. SPEEK와 PES을 다양한 조성으로 블렌딩하여 제조한 고분자 전해질 막의 수소 이온 전도도를 Figure 6에 나타내었다. 25 °C에서 SPEEK의 수소 이온 전도도는 7.69×10^3 S/cm로서 이전의 연구에서 polysulfone과의 블렌드 막 제조에 사용하였던 SPEEK의 수소 이온 전도도보다 약간 낮았으며[10] Nafion 117에 비해서는 약 1/10 수준이었다. PES의 양이 40%일 때 메탄올 투과도가 급격히 감소한 것과는 달리 수소 이온 전도도 값은 PES의 양이 40%가 될 때까지는 순수한 SPEEK의 수소 이온 전도도 값에 비해서 크게 차이가 나지 않았으나, 그 이후에는 PES의 양이 증가함에 따라 급격히 감소하였다. 이러한 실험 결과는 Wilhelm 등[8]과 Manea 등[9]의 전기 저항 실험 결과와도 일치한다.

이는 수소 이온의 이동 경로와 메탄올의 이동 경로가 다르다는 것을 의미한다. 현재까지 알려진 바로는 수소 이온의 고분자 전해질 막 내에서 이동하는 메카니즘은 'jump' 메카니즘과 'vehicle' 메카니즘이 있다. 만약 메탄올과 물의 이동 경로가 비슷하다고 가정하면 본 연구에서 제조된 블렌드 막 내에서의 수소 이온의 이동은 'jump' 메카니즘을 따른다고 가정할 수 있다. 그러나, 정확한 이동 메카니즘을 규명하기 위해서는 'electrosmotic drag' 실험이 수행되어서 각 수소 이온의 이동에 대한 이동 물분자수 값을 구해야 한다. Figure 7은 온도의 변화에 따른 수소 이온 전도도의 변화를 나타낸 것으로 온도가 증가함

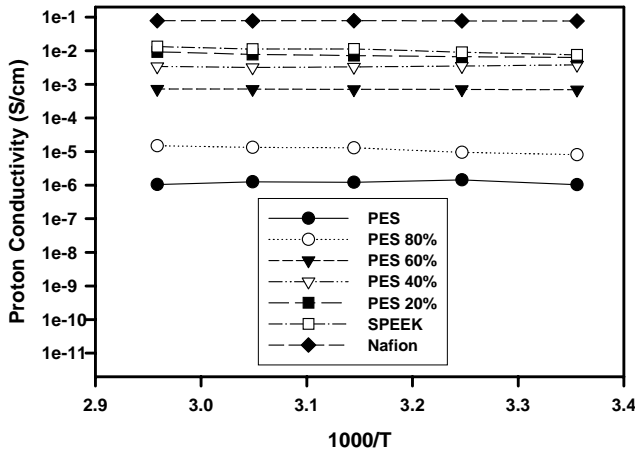


Figure 7. Effect of temperature on proton conductivity.

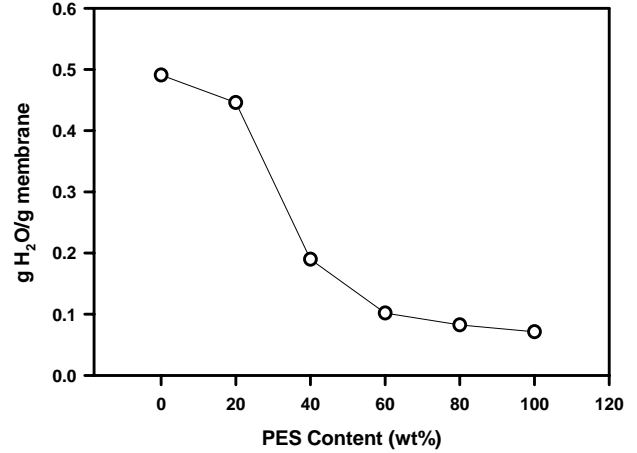


Figure 9. Effect of membrane composition on water content.

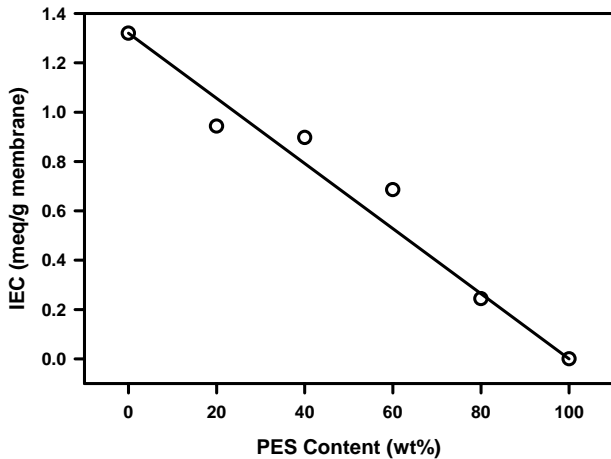


Figure 8. Effect of membrane composition on ion exchange capacity.

에 따라서 수소 이온 전도도가 조금씩 증가하지만 그 증가량은 그다지 크지 않았다. 순수한 PES의 수소 이온 전도도는 1.03×10^{-6} S/cm로 매우 낮았으나 polysulfone보다는 10배 정도 높았다[10].

3.3. 이온 교환 용량(Ion Exchange Capacity, IEC)

이온 교환 용량(IEC; Ion Exchange Capacity)은 SPEEK membrane에 친수성기인 $-SO_3H^+$ 가 얼마나 많이 포함되어 있는가를 나타낸 것으로 Nafion 117의 IEC는 약 0.9 meq/g membrane인 것으로 일반적으로 알려져 있다. Figure 8에는 SPEEK와 PES가 함유된 블렌드 막의 조성 변화에 따른 IEC의 변화를 나타내었다. SPEEK의 IEC 값은 약 1.32로 Manea와 Mulder가 제조한 SPEEK 막의 IEC 값인 1.21과 비슷하였으며[9] Wilhelm 등이 제조한 SPEEK의 IEC 값인 2.14보다는 훨씬 작았다[8]. IEC 값으로부터 계산한 SPEEK의 선포화 정도는 0.43였다. Manea와 Mulder가 제조한 SPEEK 막의 선포화 정도는 0.4이었으며 Wilhelm 등이 제조한 SPEEK의 선포화 정도는 0.7이었다. PES의 양이 증가할수록 IEC 값은 거의 직선적으로 감소하여서 그림에 실선으로 나타낸 이론값과 비슷하였다.

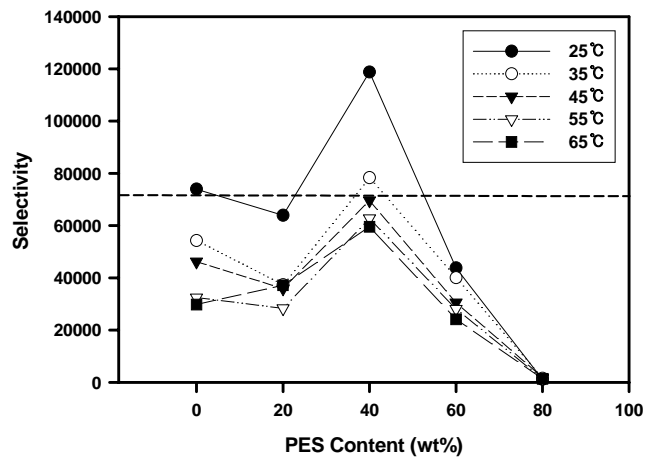


Figure 10. Effect of membrane composition on selectivity.

3.4. 함수율

고분자 전해질 막이 수분을 함유할 수 있는 능력을 나타내는 함수율을 블렌드 막의 조성을 변화시키면서 측정된 결과를 Figure 9에 나타내었다. 순수한 SPEEK의 경우 함수율이 약 0.5로서 블렌드 막 1 g 당 약 0.5 g의 수분을 함유할 수 있음을 나타낸다. PES의 양이 20%일 때는 SPEEK에 비해서 함수율이 약 10% 정도 감소하였으나 PES가 40%일 때는 함수율이 약 0.2로서 SPEEK에 비해서 크게 감소하였다. 이 결과는 메탄올 투과도 측정 결과와 일치하는 결과로서 PES 40% 이하의 조성에서 친수성 channel이 생성됨을 알 수 있다.

3.5. 메탄올 투과도와 수소 이온 전도도의 관계

직접 메탄올 연료전지용으로 우수한 고분자 전해질 막은 수소 이온 전도도가 높으면서도 메탄올의 투과도가 작아서 anode에서 cathode로의 메탄올 crossover 현상이 일어나지 않아야 한다. 그러나, 일반적으로 메탄올 투과도와 수소 이온 전도도는 비례하는 것으로 알려져 있다. 그러므로, 수소 이온 전도도를 메탄올 투과도로 나눈 값을 '선택도'라 정의하고 기존의 상용화된 고분자 전해질 막인 Nafion 117의 선택도보다 높은 선택도를 갖는 막은 직접메탄올 연료전지용으로 우수한 막으로 평가받는다. Figure 10에 블렌드 막의 PES의 양의 변화에 따른 선택도 값을 25~65 °C의 온도 범위에 대해서 나타내었다. 또한,

참고 문헌

25 °C에서 Nafion 117의 선택도를 점선으로 표시하였다. 25 °C의 경우에 순수한 SPEEK와 PES가 20% 함유된 블렌드 막의 선택도는 Nafion 117의 값과 비슷하였다. 그러나, PES가 40% 함유된 블렌드 막의 선택도는 Nafion 117의 선택도보다 약 1.5배 정도 높았으며 PES의 양이 증가함에 따라 급격히 감소하였다. PES가 40% 함유된 블렌드 막의 경우 수소 이온 전도도는 순수한 SPEEK의 것과 비슷하였으나 메탄올 투과도는 SPEEK보다 낮으므로, SPEEK보다 높은 선택도를 보였다. 따라서, PES가 40% 함유된 블렌드 막이 DMFC용 고분자 전해질 막으로서의 응용 가능성이 가장 높은 것을 알 수 있었으며 이는 Wilhem 등[8]과, Manea 등[9]의 실험 결과와도 일치한다.

4. 결 론

본 연구에서는 poly(ether sulfone)과 설폰화된 poly(ether ether ketone)의 블렌드 막의 직접메탄올 연료전지용 고분자 전해질 막으로서의 응용 가능성을 살펴보기 위해서 메탄올 투과도, 수소 이온 전도도, 이온 교환 용량, 그리고 함수율을 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 메탄올 투과도, 수소 이온 전도도, 이온 교환 용량, 그리고 함수율은 모두 PES의 양이 증가함에 따라 감소하였으나, 그 경향은 매우 달라서 PES의 함량이 40%일 때 수소 이온 전도도는 순수한 SPEEK의 값과 큰 차이를 보이지 않았으나, 메탄올 투과도는 2배 정도 감소하였다

(2) 따라서, PES를 40% 함유한 블렌드 막은 25 °C에서의 선택도가 Nafion 117보다 약 1.5배 정도 좋았으며, 이로부터 새로운 고분자 전해질 막으로서의 응용 가능성을 확인할 수 있었다.

감 사

이 논문은 2004년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

1. K. Kordesch and G. Simader, *Fuel Cells and their Applications*, VCH, Weinheim (1996).
2. J. Larminie and A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, John Wiley & Sons, West Sussex, England (2000).
3. Y. M. Lee and H. B. Park, *Membr. J.*, **10**, 103 (2000).
4. S. Koter, P. Pitrowski, and J. Kerres, *J. Membr. Sci.*, **153**, 83 (1999).
5. J. Cruickshank and K. Scott, *J. Power Source*, **70**, 40 (1998).
6. A. Heinzl and V. M. Barragan, *J. Power Source*, **84**, 70 (1999).
7. S. M. J. Zaidi, S. D. Mikhailenko, G. P. Robertson, M. D. Guiver, and S. Kaliaguine, *J. Membr. Sci.*, **173**, 17 (2000).
8. F. G. Wilhelm, I. G. MPunt, N. F. A. van der Vegt, H. Strathnamn, and M. Wessling, *J. Membr. Sci.*, **199**, 167 (2002).
9. C. Manea and M. Mulder, *J. Membr. Sci.*, **206**, 443 (2002).
10. H. S. Cheon, M. Oh, and S. U. Hong, *Membr. J.*, **13**, 47 (2003).
11. W. Cui, J. Kerres, and G. Eigenberger, *Sep. Puri. Tech.*, **14**, 145 (1998).
12. K. D. Kreuer, *Solid State Ionics*, **97**, 1 (1997).
13. Q. H. Guo, P. N. Pintauro, H. Tang, and S. O'connor, *J. Membr. Sci.*, **154**, 175 (1999).
14. N. Cornet, G. Beandoing, and G. Gebel, *Sep. Puri. Tech.*, **22**, 681 (2001).
15. T. Lehtinen, G. Sundholm, and F. Sundholm, *J. Appl. Electrochem.*, **29**, 677 (1999).
16. F. Helmer and M. Metzmann, European Patent 0574 791 A2 (1993).
17. K. Scott, W. M. Taama, and P. Argyropoulos, *J. Membr. Sci.*, **171**, 119 (2000).
18. B. R. Pivovar, Y. X. Wang, and E. L. Cussler, *J. Membr. Sci.*, **154**, 155 (1999).